

**Vergleichende Untersuchungen
über das Verhalten der Herzfrequenz
beim 100-Watt-Test**

von

Gerfrid Vogel

aus

Mähr.-Rothwasser

1972 # 475

Digitized by the Internet Archive
in 2026

Aus der Medizinischen Poliklinik
der Universität Erlangen-Nürnberg
Direktor: Professor Dr. med. C. Korth

Vergleichende Untersuchungen über das Verhalten der Herzfrequenz beim 100-Watt-Test

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde
der Hohen Medizinischen Fakultät
der Friedrich-Alexander-Universität
Erlangen-Nürnberg

vorgelegt

von

Gerfrid Vogel

aus

Mähr.-Rothwasser

Gedruckt mit Erlaubnis der Medizinischen Fakultät der
Universität Erlangen-Nürnberg

Vergleichende Untersuchungen
über das Verhalten der Herzleistung
beim 100-Watt-Test



Dekan: Prof. Dr. G. Koch

Referent: Prof. Dr. J. Schmidt

Korreferent: Prof. Dr. C. Korth

Tag der mündlichen Prüfung: 11.7.1972

Inhaltsverzeichnis

	Seite
A. Einleitung	1
B. Methodik	2
1. Die Untersuchten	2
2. Der Untersuchungsgang	3
3. Die statistische Auswertung	5
C. Ergebnisse	6
1. Vergleich des Pulsverhaltens der untrainierten Männer untereinander	6
a) Ruhepuls und Vorphase	6
b) Belastungsphase	7
c) Erholungsphase	8
2. Vergleich des Pulsverhaltens der untrainierten Frauen untereinander	10
a) Ruhepuls und Vorphase	10
b) Belastungsphase	10
c) Erholungsphase	11
3. Vergleich des Pulsverhaltens der Alterssportler untereinander	12
a) Ruhepuls und Vorphase	12
b) Belastungsphase	13
c) Erholungsphase	13
4. Vergleich des Pulsverhaltens von Männern und Frauen	14
a) 20- bis 29jährige	14
b) 30- bis 39jährige	15
c) 40- bis 49jährige	16
d) 50- bis 64jährige	16
5. Vergleich des Pulsverhaltens von Alterssportlern und untrainierten gleichaltrigen Männern	17
a) Vergleich der 55- bis 65jähri- gen Alterssportler mit 50- bis 64jährigen untrainierten Män- nern	17

b)	Vergleich der 55- bis 64jährigen Alterssportler mit den jüngeren untrainierten Männern	18
c)	Vergleich der 66- bis 79jährigen Alterssportler mit den vier Altersgruppen der untrainierten Männer	19
6.	Vergleich des Pulsverhaltens gelegentlich Sporttreibender mit Nichtsportlern	19
7.	Untersuchung des Einflusses einer 25-Watt-Belastung während der Vorphase auf das Pulsverhalten beim 100-Watt-Test	20
D.	Diskussion	21
1.	Ruhepuls und Vorphase	22
2.	Belastungsphase	24
3.	Erholungsphase	32
4.	Pulsverhalten gelegentlich Sporttreibender und Nichtsportler	35
5.	Einfluß der 25-Watt-Belastung in der Vorphase	35
6.	Kritik des 100-Watt-Tests	35
E.	Zusammenfassung	36
	Tabellen	
	Abbildungen	
	Legenden	
	Literaturverzeichnis	

A. Einleitung

Zur Überprüfung der kardiopulmonalen Leistungsbreite wurde eine große Anzahl von Testverfahren entwickelt, die das Verhalten zahlreicher Funktionsgrößen, wie Herzfrequenz, Blutdruck, Atemvolumen, Atemminutenvolumen, Sauerstoffaufnahme, Kohlendioxidabgabe, Atemäquivalent, Sauerstoffpuls und andere mehr, während verschiedener Belastungsversuche beurteilen (NEUMANN und Mitarb., THOMAE). Teilweise ist damit ein großer apparativer Aufwand verbunden. Die einfachsten Methoden stellen die Bestimmung der Herzfrequenz und des Blutdrucks dar. Mißt man die Größe der Herzfrequenz während einer definierten Arbeit, so kann man bereits allein auf diese Weise Rückschlüsse auf die Leistungsfähigkeit von Herz und Kreislauf ziehen, da Leistungsherzfrequenz, körperliche Leistung und maximale kardiale und körperliche Leistungsbreite in gesetzmäßigen Beziehungen stehen. Je größer nämlich eine Arbeit in der Zeiteinheit ist, um so höher steigt die Herzfrequenz an, je leistungsfähiger der Kreislauf ist, um so geringer ist die Herzfrequenzsteigerung bei gleicher Leistung (MELLEROWICZ 1962).

Für einen Belastungsversuch steht eine Vielzahl verschiedener Methoden zur Verfügung. Zwei haben sich bewährt: 1. eine stufenförmig ansteigende Arbeitsintensität (MELLEROWICZ 1962), die vor allem auch Informationen über die Höchstwerte einzelner erreichbarer Parameter gibt, 2. eine

einzigste Wattstufe, die längere Zeit eingehalten wird (KIRCHHOFF), was für Personen mit mittlerer Leistungsbreite zweckmäßig erscheint.

Die hier durchgeführten Testversuche beruhen auf dieser zuletzt genannten Methode der stufenlosen Belastung. Sie ist mit einem geringen apparativen und personellen Aufwand verbunden; zudem ist die Messung der Herzfrequenz einfach und zuverlässig, so daß die Untersuchungen nicht unbedingt an größere Kliniken oder Institute gebunden sind.

Die vorliegende Arbeit behandelt die Herzfrequenz vor, während und nach einer zehnminütigen Belastung mit 100 Watt. Dabei wurde das Pulsverhalten einzelner Altersgruppen von Männern und Frauen, die untrainiert waren, sowie von ausdauertrainierten Alterssportlern einander gegenübergestellt. Gleichzeitig führte ich Vergleiche zwischen Männern und Frauen und zwischen Alterssportlern und untrainierten Männern durch.

B. Methodik

Die Untersuchten

Untersucht wurden insgesamt 215 Versuchspersonen, 40 Frauen, 127 Männer und 48 ausdauertrainierte Alterssportler. Die Probanden wurden in verschiedene Altersgruppen eingeteilt (Tab. I).

Vor Durchführung der Tests wurde an den Männern und Frauen eine internistische Untersuchung in der

Medizinischen Poliklinik vorgenommen. Es wurden nur solche Probanden dem 100-Watt-Test unterzogen, die sich als herz- und kreislaufgesund erwiesen und bei denen keine Kontraindikation zu einer Belastung bestand. Weder die Frauen noch die Männer hatten regelmäßig sportlich trainiert; einige trieben nur gelegentlich Sport. Die meisten Probanden gingen Berufen mit vorwiegend sitzender Tätigkeit nach.

Der 100-Watt-Test bei den Alterssportlern wurde im Rahmen eines umfangreichen Untersuchungsprogramms abgenommen, das anlässlich des traditionellen Altherren-Laufes in Bad Brückenau 1969 von Mitarbeitern der sportmedizinischen Abteilung der Medizinischen Poliklinik unter Leitung von Prof. J. Schmidt, Erlangen, durchgeführt wurde. Diese Alterssportler betreiben seit Jahren, viele schon von Jugend an, ein ausdauerförderndes Training, wobei sie Sportarten wie Waldlauf, Skilanglauf, Radfahren und Schwimmen bevorzugen; sie nehmen jährlich zur Überprüfung ihrer Leistungsstärke an einem 5000m-Geländelauf teil.

Der Untersuchungsgang

Als Test-Gerät diente ein mechanisch gebremstes "Monark" - Fahrradergometer nach Astrand. Anhand von EKG-Aufzeichnungen, die durch den 6-Kanal-Schreiber "Cardirex 6 t" erfolgten, wobei die Standardableitungen I, II und III, sowie die Brustwandableitungen V2, V4 und V5 registriert wurden, konnte die Herzfrequenz abgelesen werden.

Längere Zeit vor Beginn der Belastungstests wurde mit Hilfe der digitalen Messung die Herzfrequenz in Ruhe und liegend ermittelt (R). Anschließend begann die Vorphase, das heißt, die Personen verbrachten 6 Minuten in Ruhe auf dem Fahrrad sitzend. Währenddessen wurde alle 2 Minuten ein EKG geschrieben. (0.min. = V0, 2.min. = V2, 4.min. = V4, 6.min. = V6). Der jeweils niedrigste Wert der Herzfrequenz dieser Vorphase wurde als Basisfrequenz (BF) bezeichnet (HERTLE und Mitarb.).

Es folgte eine Belastungsphase, die sich über 10 Minuten erstreckte. Die Belastung betrug 100 Watt. Die Probanden hatten auf dem Fahrradergometer eine konstante Tretfrequenz von 50/min. einzuhalten, wobei sie sich an einem Anzeigegerät orientieren konnten, um Schwankungen zu korrigieren. Am Ende der Belastungsminuten 1 bis 6 und 10 (B1, B2 ... B6, B10) wurde die Herzfrequenz ermittelt. In der folgenden 6-minütigen Erholungsphase (die Probanden blieben auf dem Fahrrad sitzen) wurde jede Minute die Herzfrequenz gemessen (E1, E2, ... E6).

Die Untersuchungen an den Alterssportlern wurden im wesentlichen auf dieselbe Weise durchgeführt und erfolgten am Tag vor dem bereits erwähnten 5000 m- Lauf, allerdings wurde die Vorphase aus Zeitgründen auf 3 Minuten beschränkt (V1, V2, V3). Außerdem erfolgten die EKG-Aufzeichnungen auf telemetrischem Weg und wurden auf Band gespeichert.

Bei 20 männlichen, untrainierten Versuchspersonen, eingeteilt in zwei Altersgruppen (20 - 29 J. $n = 9$; 30 - 50 J. $n = 11$), stellte ich zudem eine Untersuchung darüber an, welchen Einfluß eine Belastung von 25 Watt während der Vorphase auf das Verhalten der Herzfrequenz ausübt. Zu diesem Zweck wurden die Probanden zweimal getestet. Einmal bestand die Vorphase darin, daß die Personen mit 25 Watt belastet wurden, während an einem anderen Tag der Test mit einer Vorphase sitzend und in Ruhe, wie bereits beschrieben, vorgenommen wurde.

Statistische Auswertung

Von den gemessenen Herzfrequenzen R , V_0 , V_2 , V_4 , V_6 , $B_1 \dots B_{10}$, $E_1 \dots E_6$, sowie von Anstieg und Abfall der Herzfrequenzen während einzelner Belastungs- und Erholungsphasen wurden für die jeweiligen Altersgruppen die Mittelwerte $\bar{x}$ und Standardabweichungen s errechnet (BEHNKE).

Für den Vergleich zweier empirischer Durchschnittswerte und zur Prüfung der Signifikanz des Unterschieds zwischen diesen wurde der zweiseitige t -Test herangezogen. Lag die Irrtumswahrscheinlichkeit über der 5%-Schranke ($P < 0,05$), so waren zwei untersuchte Mittelwerte nicht signifikant verschieden. Für $0,01 < P \leq 0,05$ wurde das Ergebnis als statistisch gesichert oder signifikant bezeichnet,

für $P < 0,01$ als hochsignifikant (SACHS). Für die Berechnungen wurden die Formeln aus Tab. II verwendet.

C. Ergebnisse

1. Vergleich des Pulsverhaltens der untrainierten Männer untereinander.

a) Ruhepuls (R) und Vorphase (V)

Wie aus Tab. III zu ersehen ist, liegen sowohl die Durchschnittswerte für R, als auch diejenigen für VO relativ nahe beieinander (Abb. 1). Zwar sind die Herzfrequenzen für die Gruppen der Jüngeren (20- bis 29jährige Männer : Im und 30- bis 39jährige Männer : IIm) etwas höher als für die Älteren, es ergeben sich aber keine statistisch gesicherten Unterschiede zu den Gruppen der Älteren (40- bis 49jährige Männer : IIIm und 50- bis 64jährige Männer : IVm).

Der Anstieg der Herzfrequenz von R (Herzfrequenz im Liegen) zu VO (Herzfrequenz im Sitzen) bewegt sich zwischen 12 und 16/min (Tab. III). Es besteht jeweils eine hochsignifikante Differenz der Werte R und VO. Im weiteren Verlauf der Vorphase unterliegen die Herzfrequenzen mehr oder weniger großen Schwankungen (Abb. 1): Die Herzfrequenz der einzelnen Probanden bleibt nur selten konstant, gewöhnlich kommt es zu einem unregelmäßigen Ansteigen und Abfallen bis über $\pm 10/\text{min}$.

Aus Abb. 1 geht hervor, daß sich die Herzfrequenzen der beiden jüngeren Gruppen auf einem etwas höherem Niveau bewegen als diejenigen der älteren. Vergleicht man aber die einzelnen Werte miteinander, so ergeben sich zu keinem Zeitpunkt signifikante Unterschiede.

b) Belastungsphase

Die Kurvenverläufe der Abb. 1 zeigen, daß die Herzfrequenzen aller 4 Gruppen von der ersten bis zur zehnten Belastungsminute ständig ansteigen. Die höchsten Werte erreichen die 40- bis 49jährigen, die niedrigsten die 30- bis 39jährigen (Tab. IV).

In der ersten Belastungsminute (B1) ist nur die Differenz der Herzfrequenzen von Gruppe IIm und IIIm signifikant ($d = 5,9$; $P < 0,05$). In der sechsten Belastungsminute (B6) finden wir einen solchen statistisch gesicherten Unterschied zwischen Im und IIIm ($d = 6,9$; $P < 0,05$), Gruppe IIm und IIIm ($d = 12,1$; $P < 0,005$) und Gruppe IIm und IVm ($d = 9,8$; $P < 0,02$), in der zehnten Belastungsminute (B10) eine signifikante Abweichung zwischen Gruppe Im und IIIm ($d = 8,1$; $P < 0,05$), Gruppe IIm und IIIm ($d = 11,8$; $P < 0,005$) und Gruppe IIm und IVm ($d = 8,5$; $P < 0,05$).

Der Anstieg der Herzfrequenz von der Basisfrequenz (BF) bis zur ersten Belastungsminute (B1) (Tab. V; Abb. 9) erfolgt auffallend

einheitlich, lediglich bei den 20- bis 29jährigen finden wir im Vergleich zu den anderen Gruppen einen um etwa 5/min höheren Wert; eine statistisch gesicherte Differenz läßt sich allerdings nicht nachweisen. Bemerkenswert erscheint die Tatsache, daß der Anstieg der Herzfrequenz von B1 nach B6 insofern eine Altersabhängigkeit ergibt, als die Werte der beiden älteren Gruppen deutlich höher liegen als diejenigen der jüngeren. Es ergeben sich folgende signifikante Unterschiede: Zwischen Gruppe Im und III m ($d = 5,2$; $P < 0,02$), zwischen Gruppe Im und IVm ($d = 5,8$; $P < 0,05$), zwischen Gruppe IIm und IIIm ($d = 6,2$; $P < 0,02$) und zwischen Gruppe IIIm und IVm ($d = 6,8$; $P < 0,02$). Ähnliches gilt für die gesamte Herzfrequenzzunahme von B1 bis B10 . Demgegenüber ist der Herzfrequenzanstieg von der sechsten bis zehnten Belastungsminute (B6 bis B10) unter den einzelnen Gruppen praktisch gleich (Tab. V).

c) Erholungsphase

Aus Tab. IV und Abb. 1 geht hervor, daß auch in der Zeit nach Beendigung der Belastung zwischen den beiden jüngeren und den beiden älteren Gruppen große Unterschiede bestehen. Die 40- bis 49- und die 50- bis 64jährigen haben durchwegs höhere Pulswerte aufzuweisen als die 20- bis 29- und 30- bis 39jährigen. Signifikante Differenzen finden sich in der ersten Erholungsminute (E1) zwischen Gruppe Im und IIIm ($d = 14,7$; $P < 0,001$), zwischen Gruppe Im und IVm ($d = 12,6$; $P < 0,01$), zwischen Gruppe IIm und IIIm ($d = 16,1$; $P < 0,001$) und zwischen Gruppe IIm und IVm ($d = 14,0$; $P < 0,005$),

in der fünften Erholungsminute (E5) zwischen Gruppe IIm und IIIm ($d = 9,9$; $P < 0,01$) und zwischen Gruppe IIm und IVm ($d = 9,7$; $P < 0,01$).

Der Abfall der Herzfrequenz in der ersten Erholungsminute (B10 - E1) erfolgt mit zunehmendem Alter langsamer (Tab. V; Abb. 11). Während zwischen Gruppe Im und IIm und zwischen Gruppe IIIm und IVm nur geringe Differenzen bestehen, ergeben sich zwischen Gruppe Im und IIIm ($d = 6,6$; $P < 0,02$), zwischen Gruppe Im und IVm ($d = 8,0$; $P < 0,005$), zwischen Gruppe IIm und IIIm ($d = 4,3$; $P < 0,05$) und zwischen Gruppe IIm und IVm ($d = 5,7$; $P < 0,01$) signifikante oder hochsignifikante Unterschiede.

Ähnlich verteilte Ergebnisse liefert der Vergleich des Herzfrequenzabfalls von E1 bis E6, allerdings liegen die Werte der beiden älteren Gruppen höher als diejenigen der beiden jüngeren (Tab. V). Hier bestehen signifikante Unterschiede zwischen Gruppe Im und IIIm ($d = 5,4$; $P < 0,025$), zwischen Gruppe IIm und IIIm ($d = 7,0$; $P < 0,005$) und zwischen Gruppe IIm und IVm ($d = 6,4$; $P < 0,02$).

Fasst man die vorliegenden Ergebnisse zusammen, so kommt man zu der Feststellung, daß sich die Herzfrequenzen während und nach der Belastung und genauso die Frequenzzu- oder -abnahmen zwischen den Altersgruppen Im und IIm und zwischen IIIm und IVm nur geringfügig unterscheiden, wohingegen die Differenzen zwischen Gruppe Im und IIIm oder IVm und zwischen Gruppe IIm und IIIm oder IVm fast durchgehend statistisch gesichert sind.

2. Vergleich des Pulsverhaltens der untrainierten Frauen untereinander

a) Ruhepuls (R) und Vorphase (V)

Die Herzfrequenz in R ist mit Ausnahme der Gruppe der 50- bis 60jährigen Frauen (IVf) in allen Altersgruppen signifikant niedriger als in VO (Tab. VI). Erstaunlicherweise hat die jüngste Gruppe die niedrigste Ruhefrequenz (R), die älteste die höchste (Abb. 2); die Differenzen sind aber nicht signifikant. Betrachtet man in Abb. 2 die Kurvenverläufe während der Vorphase, so erkennt man lediglich bei den 40- bis 49jährigen ein Gleichbleiben der Pulswerte, während bei den anderen Gruppen durch stärkere Schwankungen der Frequenzen, bei einzelnen Frauen bis über $\pm 15/\text{min}$, ein uneinheitliches Bild entsteht.

b) Belastungsphase

In Abb. 2 ist deutlich die Abhängigkeit der Höhe der Herzfrequenz vom Alter zu sehen, die höchsten Werte erreichen die 20- bis 29jährigen, darunter verläuft die Kurve der 30- bis 39jährigen, am tiefsten liegt jene der 50- bis 60jährigen. Diese Tendenz erscheint mir recht auffällig, obwohl die statistischen Berechnungen infolge der großen Streuung der Einzelwerte, trotz der hohen Differenzen der Mittelwerte, zwischen den einzelnen Gruppen während der verschiedenen Belastungsminuten nur in zwei Fällen signifikante Abweichungen in der zehnten Belastungsminute (B10) ergaben : Zwischen Grup-

pe If und IVf ($d = 21,3$; $P < 0,05$) und zwischen Gruppe IIIf und IVf ($d = 19,9$; $P < 0,05$).

An dieser Stelle möchte ich noch auf die sehr hohen Herzfrequenzen hinweisen, die von den Frauen während des Tests erreicht wurden (Tab. VII). Unter den Frauen befanden sich in Gruppe If und IIIf fünf, die in den letzten Minuten der Belastungsphase Pulswerte über 190/min erreichten; eine 23jährige kam in B10 sogar auf 200/min.

Bei der Untersuchung des Herzfrequenzanstiegs von BF bis B1 fällt der sehr geringe Unterschied, der zwischen den drei älteren Gruppen besteht, auf (Tab. VIII; Abb. 9). Der entsprechende Wert ist für die 20- bis 29jährigen deutlich höher als für die drei älteren Gruppen; dennoch ist eine signifikante Differenz nicht nachzuweisen. Ebenfalls keine statistisch gesicherten Abweichungen finden sich beim Vergleich der Herzfrequenzanstiegswerte von B1 nach B6 oder von B1 nach B10; dennoch halte ich es für beachtenswert, daß der Anstieg mit zunehmendem Alter geringer zu werden scheint (Tab. VIII; Abb. 9 und 10). Von B6 bis B10 erhöht sich die Herzfrequenz nurmehr um wenige Schläge pro Minute (3,2 bis 5,3/min); eine Ausnahme bilden die 30- bis 39jährigen (8,3/min).

c) Erholungsphase

Auch nach Beendigung der Arbeitsperiode liegen die Kurven für die Herzfrequenz der einzelnen Gruppen ebenso zueinander, wie es während der Belastung der Fall war, nur sind die Abstände bedeutend geringer

geworden (Abb. 2). Zu keinem Zeitpunkt der Erholungsphase differieren die Pulswerte beim Vergleich der Gruppen untereinander signifikant. Die Frequenzen liegen während der registrierten sechs Minuten immer noch sehr hoch (Tab. VII; Abb. 2).

Den steilsten Abfall der Herzfrequenz innerhalb der ersten Erholungsminute haben die 20- bis 29- und die 30- bis 39jährigen; bei den 40- bis 49- und noch deutlicher bei den 50- bis 60jährigen ist er erheblich geringer. Die Unterschiede zwischen Gruppe II_f und III_f ($d = 8,6$; $P < 0,02$) und zwischen Gruppe II_f und IV_f ($d = 11,8$; $P < 0,02$) sind signifikant. Das weitere Absinken der Herzfrequenz von E1 bis E6 erfolgt mit zunehmendem Alter um geringere Werte; die Differenzen zwischen den Gruppen sind aber sehr klein (Tab. VIII; Abb. 11).

3. Vergleich des Pulsverhaltens der Alterssportler untereinander

a) Ruhepuls (R) und Vorphase (V)

Weder bei den 55- bis 65jährigen (I_{as}) noch bei den 66- bis 79jährigen Alterssportlern (II_{as}) besteht ein wesentlicher Unterschied zwischen der Ruhefrequenz (R) und den Pulswerten der Vorphase (V). Die Schwankungen der Herzfrequenz während der dreiminütigen Vorphase (V₁, V₂, V₃) nach oben und unten bewegen sich innerhalb kleiner Grenzen. Auch sind die Unterschiede zwischen den beiden Gruppen unbedeutend (Abb. 3).

b) Belastungsphase

Während der gesamten Belastungsphase bewegen sich die Herzfrequenzen der älteren Sportler auf einem höheren Niveau als die der jüngeren. Dieser Befund ist auffallend, doch ist die Differenz der Werte in keinem Punkt der Kurven statistisch gesichert. Bemerkenswert ist die sehr niedrige Herzfrequenz, die beide Gruppen in dieser Phase des Tests erreichen (Tab. IX).

Der Herzfrequenzanstieg von Bf bis B1 beträgt für die 55- bis 65jährigen im Durchschnitt 3,9/min mehr als für die 66- bis 79jährigen (Tab.X; Abb. 9). Dieser Unterschied ist jedoch nicht signifikant.

Abb. 3 zeigt, daß die Herzfrequenz der Alterssportler von Gruppe IIas innerhalb der ersten drei Belastungsminuten weiter steil ansteigt (B1 - B3 : 12,6/min), was bei Gruppe Ias in diesem Maße nicht der Fall ist (B1 - B3 : 5,7/min). Das kommt auch beim Vergleich des Frequenzanstiegs von B1 bis B6 der Gruppe Ias (langsamer Anstieg) mit Gruppe IIas (schneller Anstieg) durch einen signifikanten Unterschied zum Ausdruck ($d = 6,7$; $P < 0,02$). Im weiteren Verlauf, bis zur zehnten Minute dieser Phase, erhöht sich die Herzfrequenz beider Gruppen nur noch geringfügig (Tab. X).

c) Erholungsphase

Weder für die einzelnen Pulswerte während der

Erholungszeit noch für den Abfall der Herzfrequenz von B10 bis E1 und E1 bis B6 lassen sich signifikante Unterschiede zwischen den beiden Altersgruppen ermitteln; die Kurvenverläufe sind hier annähernd gleich (Tab. IX und X; Abb. 3 und 11).

4. Vergleich des Pulsverhaltens von Männern und Frauen

Da sich für die Ruhepulswerte und die Frequenzen während der Vorphase beim Vergleich der Männer und Frauen entsprechender Altersgruppen keine sonderlichen Unterschiede ergaben, gehe ich im folgenden nicht auf diese Werte ein. Den Ausgangspunkt für den Belastungstest bildet die Basisfrequenz (BF), das heißt, der jeweils niedrigste Wert der Herzfrequenz während der Vorphase (HERTLE und Mitarb.).

a) 20- bis 29jährige

Die Basisfrequenz ist für beide Gruppen die gleiche. Belastungs- und Erholungsfrequenz zeigen Abb. 4 und Tab. XI. Ein Vergleich bringt für alle sich entsprechenden Werte hochsignifikante Unterschiede (Ausnahme : E5 : $P < 0,05$, das heißt, nur signifikant) insofern als die Werte der Männer deutlich niedriger sind als die der Frauen.

Die Frauen erreichen schon in der ersten Belastungsminute wesentlich höhere Herzfrequenzen als die Männer (Tab. XII; Abb. 4). Der Anstieg von B1 nach B6 ist ebenfalls für Frauen bedeutend größer; dasselbe gilt für die gesamte

Frequenzzunahme von B1 bis B1o (Tab. XII; Abb. 5, 9 und 1o). Von B6 bis B1o aber erhöht sich die Herzfrequenz beider Gruppen um den gleichen Wert.

Der Herzfrequenzabfall in der ersten Erholungsminute differiert zwischen den Gruppen sehr wenig und ist nicht signifikant verschieden (Tab. XII; Abb. 11). Das weitere Absinken unterscheidet sich wieder sehr deutlich (Tab. XII). Vor allem in der Zeit bis zur dritten Minute nach Beendigung der Arbeit verringert sich die Herzfrequenz bei den Frauen ganz wesentlich (Frauen : E1 bis E3 : 18/min; Männer : E1 bis E3 : 1,7/min), um erst von da an langsamer abzufallen (Abb. 4).

b) 30- bis 39jährige

Ähnliche Resultate, wie eben beschrieben, bringt der Vergleich zwischen Männern und Frauen dieser Altersgruppe (Tab. XIII; Abb. 5). Ausgehend von einer sich kaum unterscheidenden Basisfrequenz kommt es bereits in der ersten Minute der Belastung zwischen den beiden Gruppen zu einer erheblichen Diskrepanz der Werte, die mit zunehmender Belastungsdauer immer deutlicher wird. In allen sich entsprechenden Punkten der beiden Kurven von Abb. 5 sind hochsignifikante Unterschiede nachweisbar (Tab. XIII). Auch, was Anstieg und Abfall der Herzfrequenzen anbelangt, differieren alle Herzfrequenzwerte zwischen Männern und Frauen, mit Ausnahme von B6 bis B1o ($d = 1,8$; $P > 0,05$) hochsignifikant (Tab. XIV; Abb. 9, 1o und 11).

c) 40- bis 49jährige

Hier findet sich ein größerer Unterschied in der Basisfrequenz, als das bei den anderen Altersgruppen der Fall ist; diese Differenz läßt sich allerdings nicht statistisch sichern. Die Abstände zwischen den Kurven (Abb. 6) haben sich im Vergleich zu jenen der 20- bis 29- und 30- bis 39jährigen zusehends verringert (Tab. XV). Zwar bewegen sich zu jedem Zeitpunkt der Belastungs- und Erholungsphase die Herzfrequenzwerte der Frauen über denen der Männer; die Unterschiede sind aber nicht mehr hochsignifikant, sondern nur noch signifikant und lediglich in der Arbeitsperiode nachzuweisen (Tab. XV). Die Kurven liegen nach Beendigung der Belastung auffallend eng beisammen (Abb. 6).

Aus Tab. XVI geht hervor, daß der Herzfrequenzanstieg in der ersten Minute der Belastung für die Männer hochsignifikant niedriger ist, als für die Frauen (Abb. 9); ebenso ist das Absinken von B10 bis E1 bei den Frauen steiler und statistisch gesichert (Abb. 11). Alle übrigen Differenzwerte weisen keine Signifikanz auf (Tab. XVI).

d) 50- bis 64jährige

Abb. 7 und Tab. XVII weisen die relativ geringen Abstände der Pulswerte von Männern und Frauen dieser Altersgruppe während der gesamten Versuchsdauer nach. Nur in der Belastungsphase bewegen sich die Herzfrequenzen der Frauen auf

einem höheren Niveau als die der Männer. Bei der statistischen Auswertung sind aber keine signifikanten Abweichungen einzelner, sich entsprechender Kurvenpunkte nachweisbar. In der Erholungsphase sind die Kurvenverläufe praktisch identisch.

Bis auf den Herzfrequenzanstieg in der ersten Belastungsminute, der bei den Frauen wesentlich größer ist und sich im Vergleich mit den Männern hochsignifikant unterscheidet, finden sich für die übrigen Differenzen des Anstiegs und des Abfalls der Herzfrequenzen zwischen den beiden Gruppen, wie Tab. XVIII zeigt, keine statistisch gesicherten Unterschiede (Abb. 10 und 11)

5. Vergleich des Pulsverhaltens von Alterssportlern und untrainierten Männern

a) Vergleich der 55- 65jährigen Alterssportler (Ias) mit 50- bis 64jährigen untrainierten Männern (IVm)

Aus Abb. 8 und Tab. XIX ist ersichtlich, daß die Herzfrequenz der Alterssportler von Beginn der Untersuchung an, also auch die Basisfrequenz, bis zum Ende der Erholungsphase wesentlich niedriger liegt, als die der Probanden eines gleichaltrigen Normalkollektivs. Zudem wird diese Diskrepanz zwischen den Kurven der beiden Gruppen während der Dauer der Belastung immer größer. Vergleicht man die einzelnen Kurvenpunkte während verschiedener Versuchsphasen, so lassen sich zwischen den Gruppen immer höchst signifikante

Differenzen ermitteln (Tab. XIX). Ein Vergleich des Anstiegs und des Abfalls der Herzfrequenz erbringt andere Ergebnisse (Tab. XX): Zwar steigen die Herzfrequenzen der Alterssportler von BF bis B1 steiler an und fallen in der ersten Minute nach der Belastung weniger steil ab, doch sind die Unterschiede zum Normalkollektiv so gering, daß sie statistisch nicht gesichert werden können (Abb. 9 und 11). Nur die Abweichung des Herzfrequenzanstiegs von B1 bis B6 und bis B10, der bei den Alterssportlern geringer ist, erweist sich als signifikant.

b) Vergleich der 55- bis 65jährigen Alterssportler (Ias) mit den Altersgruppen Im (20-29 J.), IIm (30-39 J.) und IIIm (40-49 J.) des Normalkollektivs.

Die ermittelten Resultate für die Vergleiche der 55- bis 65jährigen Alterssportler mit den drei jüngeren Gruppen des Normalkollektivs entsprechen im großen und ganzen den eben beschriebenen. Die einzelnen Kurvenverläufe der untrainierten Männer liegen immer signifikant, teilweise hochsignifikant höher als die der Alterssportler.

Auch hier läßt sich zu keiner der drei Gruppen ein statistisch gesicherter Unterschied des Herzfrequenzanstiegs von BF bis B1 nachweisen. Die Abnahme der Herzfrequenz von B10 bis E1 allerdings ist in Gruppe Im und IIm deutlich größer als in Gruppe Ias; zwischen Gruppe Im und Ias ist die Differenz signifikant ($d = 9,9$; $P < 0,05$) (Abb. 8, 9, 11).

c) Vergleich der 66- bis 79jährigen Alterssportler (IIas) mit den vier Altersgruppen der untrainierten Männer

Obwohl alle Pulswerte der Gruppe IIas über denen der Gruppe Ias verlaufen (Abb. 3) und sich somit jenen der Gruppen Im bis IVm nähern (Abb. 8), liegen doch auch die 66- bis 79jährigen Alterssportler mit ihrem Kurvenverlauf offensichtlich niedriger, als die Gruppen des Normalkollektiv. Die Unterschiede zu Gruppe IIIIm und IVm sind für einander entsprechende Werte sogar hochsignifikant.

Ein besonders auffälliges Ergebnis bringt der Vergleich der 66- bis 79jährigen Alterssportler mit den 50- bis 64jährigen untrainierten Männern, was die Werte des Herzfrequenzanstiegs und -abfalls anbelangt. Tab. XXII zeigt eine hochgradige Übereinstimmung dieser Werte beider Gruppen, während die Herzfrequenzen vor, während und nach der Belastung, wie bereits erwähnt, in allen sich entsprechenden Punkten der Kurven hochsignifikant differieren (Tab. XXI; Abb. 8, 9, 10, 11)

6. Vergleich des Pulsverhaltens gelegentlich Sporttreibender mit Nichtsportlern

Anhand der erhobenen Anamnesen ermittelte ich 14 Probanden im Alter von 20 bis 30 Jahren, die gelegentlich Sport trieben (regelmäßig Sporttreibende waren an diesen Untersuchungen ja nicht beteiligt) und 18 gleichaltrige aus-

gesprochene Nichtsportler und stellte ihre Herzfrequenzprofile einander gegenüber. Das Ergebnis ist aus Abb. 13 zu ersehen. Die Kurven liegen sehr eng beieinander, signifikante Unterschiede der einzelnen Pulswerte wurden beim Vergleich der Gruppen nicht gefunden. Der einzig auffällige Abstand entsteht durch den deutlich flacheren Kurvenverlauf der Sporttreibenden während der Belastungsphase.

7. Untersuchung des Einflusses einer 25-Watt-Belastung während der Vorphase auf das Pulsverhalten beim eigentlichen Arbeitsversuch

Werden die Probanden während der Vorphase mit 25 Watt belastet, so ist die Herzfrequenz in dieser Periode höher als wenn Ruhe eingehalten wird. Wie sehr sich die Kurvenverläufe unterscheiden, zeigen Abb. 14 und 15. Die Abweichungen sind in der Vorphase, außer bei den 20- bis 29jährigen in V4, signifikant. Wie erwartet steigt die Herzfrequenz in der ersten Minute der 100-Watt-Belastung bei den Probanden, die schon vorher 25 Watt leisten mußten, weniger an; die Unterschiede sind jeweils statistisch gesichert (Tab. XXIII).

Während sich die beiden Kurvenverläufe bei den 20- bis 29jährigen von der ersten Minute der 100-Watt-Belastung an kaum unterscheiden, ergeben sich für die 30- bis 50jährigen doch insofern Differenzen, als die Probanden, werden sie in der Vorphase mit 25 Watt belastet, durchwegs höhere, allerdings nicht signifikant höhere

Frequenzen aufzuweisen haben. Auch die Unterschiede der vergleichbaren Werte von Anstieg und Abfall der Herzfrequenz sind, abgesehen von V6 bis B1, weder für die 20- bis 29- noch für die 30- bis 50jährigen statistisch gesichert.

D. Diskussion

Bisherige Untersuchungen haben, um nur einige Beispiele anzuführen, gezeigt,

daß bei submaximalen, absolut gleichen Belastungen eine Altersabhängigkeit der Herzfrequenz insofern besteht, als mit zunehmendem Alter eine immer deutlicher werdende Abnahme der mittleren Herzfrequenz einsetzt (KÖNIG und Mitarb., KIRCHHOFF, MELLEROWICZ 1962),

daß die Herzfrequenz unter absolut gleichen Belastungen bei Frauen immer signifikant höher liegt als bei Männern gleichen Alters (MELLEROWICZ 1962, BLOHMKE),

daß der Herzfrequenzanstieg eines Probanden zu Beginn einer Belastung um so schneller vor sich geht, je leistungsfähiger sein Organismus ist,

daß nach gleicher Leistung die Ruhewerte von Trainierten schneller wieder erreicht werden als von Untrainierten und

daß Trainierte in Ruhe und während einer Belastung niedrigere Herzfrequenzen haben als Untrainierte

nierte (BOROS, DIETLEIN, HEIM, HOLLMANN 1959, MELLEROWICZ 1956, PROKOP und Mitarb., REINDELL, ROSKAMM und Mitarb.). So stellte STRUCK anhand von umfangreichen Untersuchungen an jungen, nicht ausgewählten Männern eine Tabelle auf, nach der er bei einem 100-Watt-Test mittels der erreichten "Pulsfrequenz-Belastungswerte" die Ökonomie der Herztätigkeit und die Leistungsfähigkeit des Herz-Kreislaufsystems interpretiert (Abb. 16)

Mittels vergleichender Untersuchungen an untrainierten Männern und Frauen und an ausdauertrainierten Alterssportlern über das Verhalten der Herzfrequenz beim 100-Watt-Test habe ich nachprüfen können, ob diese Zusammenhänge auch bei dem hier angewandten Belastungsverfahren bestehen oder ob und inwiefern es zu Abweichungen davon kommt.

1. Ruhepuls und Vorphase

Bis auf eine Ausnahme (50- bis 60jährige Frauen) waren die Herzfrequenzen, die in Ruhe liegend gemessen wurden, bei den Normalpersonen signifikant oder hochsignifikant niedriger als die Frequenzen kurz vor Beginn der Belastung (die Probanden saßen bereits auf dem Fahrrad; Tab. III und VI; Abb. 1 und 2). Dies entspricht durchaus den Erwartungen. Wir wissen, daß der sogenannte Ruhepuls von verschiedenen Faktoren abhängt (DILL), von denen ich nur zwei erwähnen möchte: die Körperstellung und die emotionale Erregung; denn diese beiden Faktoren hatten bei den vorliegenden Untersuchungen einen großen Einfluß. Wichtig ist also, zu unter-

scheiden, ob eine Ruheherzfrequenz im Liegen oder im Sitzen gemessen wurde (BLOHMKE). So fanden DRANSFELD und Mitarb. und REINDELL und Mitarb.(1955) bei Messungen der Herzfrequenz im Liegen durchschnittlich um 10 Schläge/min niedrigere Werte als im Stehen und erklären dies mit der zu leistenden Haltearbeit und der veränderten Blutverteilung. Ähnliche Unterschiede kann man auch zwischen Liegen und Sitzen annehmen.

Nicht nur bei Sportlern kurz vor Beginn eines Wettkampfs sondern auch bei Versuchspersonen kurz vor Beginn eines Belastungsversuchs kommt es in dem Augenblick, in dem erkannt wird, daß eine Arbeit geleistet werden muß, durch emotionale Erregung ausgelöst, zu einer deutlichen Erhöhung der Ruheherzfrequenz (HUETING und Mitarb., JUNGSMANN und Mitarb.). Diese Beobachtungen, daß also im Sitzen eine höhere Frequenz erreicht wird als im Liegen, wurden bei den Alterssportlern nicht gemacht (Abb. 3). Das mag daran liegen, daß an den Probanden innerhalb kurzer Zeit eine Vielzahl von Untersuchungen vorgenommen wurde, zwischen und während denen es keine längere Ruhepause gab. Außerdem konnte man den Eindruck gewinnen, daß die einzelnen Tests für die Alterssportler beinahe einem kleinen Wettkampf gleichkamen, bei dem sie versuchten, möglichst gute Ergebnisse zu erzielen (zum Beispiel bei der Messung der Vitalkapazität), so daß für sie praktisch den ganzen Tag eine dauernde physische und psychische Stress-Situation bestand.

Für die Herzfrequenzen in der Vorphase gilt für alle untersuchten Gruppen im wesentlichen die gleiche Feststellung: Es ist auch bei längerer Ausdehnung der Vorphase nicht möglich, eine Konstanz der Werte, wie sie gefordert wird (KIRCHHOFF) zu erreichen. Das führt mich zu der Behauptung, daß man vor Beginn von Belastungstests auf eine Ruhephase, in der ein Proband auf dem Fahrrad sitzt, verzichten kann.

Zu bemerken ist noch, daß weder der Ruhepuls noch der Puls während der Vorphase eine nachweisbare Alters- oder Geschlechtsspezifität zeigt, was wahrscheinlich mit der ungenügend langen Ruhepause im Liegen zusammenhängt, aber für den eigentlichen Arbeitsversuch ohne Bedeutung ist (Tab. III und VI; Abb. 1 und 2).

Die Ruheherzfrequenz der Alterssportler hingegen liegt deutlich niedriger als die der untrainierten Männer und ist gewiß ein Ausdruck für den Trainingseffekt (DRANSFELD und Mitarb.).

2. Belastungsphase

Die Zunahme der Herzfrequenz während der ersten Belastungsminute liegt bei den untrainierten Männern und den Alterssportlern zwischen 36 und 41 Schlägen/min, bei den Frauen zwischen 51 und 59 Schlägen/min (Tab. V, VIII und X ; Abb. 9). Das beweist einen geschlechtsspezifischen Unterschied. Weniger eindeutig ist aber ein alters- und trainingsspezifischer für das angewandte Testverfahren. Immerhin fällt auf, daß die Werte der 20- bis 29 jährigen Männer und Frauen und der

55- bis 65jährigen Alterssportler am höchsten liegen. Demnach reagieren also junge Menschen, aber auch ausdauertrainierte ältere Männer, auf ein und dieselbe Belastung mit einem höheren Frequenzanstieg in der ersten Arbeitsminute als alte oder untrainierte Menschen (HARRIS). Dieser Umstand wird mit einer ausgeglichenen und ökonomischen Herztätigkeit, deren Merkmal ein schneller initialer Frequenzanstieg bei Beginn einer Belastung ist, der jungen oder trainierten Menschen erklärt (KIRCHHOFF). Allerdings unterscheidet sich der Frequenzanstieg in der ersten Belastungsminute, vergleicht man die Jüngeren mit den Älteren oder die Trainierten mit den Untrainierten, nur wenig, so daß man diese Aussage nicht ohne Vorbehalt bewerten sollte. Deshalb scheint es nach den vorliegenden Ergebnissen nicht ohne weiteres möglich zu sein, beim 100-Watt-Test von der Anstiegsgeschwindigkeit der Herzfrequenz in der ersten Minute der Belastung einen Rückschluss auf die Leistungsfähigkeit einer Person zu ziehen (TRUETT und Mitarb.).

Die mehrfach beschriebene höhere Arbeitsfrequenz bei gleicher Belastung jüngerer Menschen im Vergleich mit älteren (KIRCHHOFF, KOENIG, MELLEROWICZ 1962), konnte ich bei Männern nicht beobachten (Abb. 1). Zwar liegen die Werte der 30- bis 39jährigen unter denen der 20- bis 29jährigen (nicht signifikant !) und der 50- bis 64jährigen unter denen der 40- bis 49jährigen (nicht signifikant !), doch haben im ganzen betrachtet die beiden älteren Gruppen während der Belastung zum Teil signifikant

höhere Herzfrequenzen als die beiden jüngeren. Diesen Umstand könnte man vielleicht folgendermaßen erklären: Die von MELLEROWICZ (1962) angegebenen Maximalfrequenzen, 170/min für die 40- bis 50jährigen, 160/min für die 50- bis 60jährigen, werden von unseren Probanden auch am Ende der Belastung bei weitem nicht erreicht. Die Herzfrequenzen liegen also in einem Bereich, in dem noch ein deutlicher Zuwachs möglich wäre. Nun erfordert aber meiner Meinung nach eine absolut gleiche Belastung für ältere untrainierte Männer eine größere Anstrengung als für jüngere, zumal mit fortschreitendem Alter die Ausführung einer solchen Arbeit, wie sie der 100-Watt-Test darstellt, zu einem ungewohnten Ereignis wird. Nach BURKHART und Mitarb. steht die Höhe der Arbeitsherzfrequenz in einem bestimmten Verhältnis zum " Anstrengungsgrad ". Mit Anstrengungsgrad kann aber nicht irgendeine definierte Arbeitsleistung gemeint sein, sondern die Anstrengung, die es für einen Probanden bedeutet, diese Arbeit zu bewältigen. Auch HOLLMANN (1963) stellt eine subjektiv größere Belastung des älteren Menschen als des jüngeren bei physikalisch gleichgroßer Beanspruchung fest. So sind die höheren Herzfrequenzen der älteren, untrainierten Männer im Vergleich zu den jüngeren bei Belastungen, die noch im submaximalen Bereich liegen, verständlich.

Anders sind die Verhältnisse bei den Frauen. Hier besteht eine lineare Altersabhängigkeit der Arbeitsherzfrequenz in dem Sinne, daß die jüngeren Gruppen die höchsten, die älteren Gruppen die niedrigsten Werte aufweisen (Tab. VII; Abb. 2).

Am Ende der Belastung lagen die Herzfrequenzen so hoch, daß eine wesentliche Steigerung kaum mehr möglich gewesen wäre. Einzelne Frauen haben mit ziemlicher Wahrscheinlichkeit ihre Maximalfrequenz und damit ihre Leistungsgrenze erreicht. Die Fähigkeit, auf eine hohe Belastung mit einer hohen Herzfrequenz zu reagieren, nimmt mit zunehmendem Alter ab (KÖNIG und Mitarb., NÖCKER und Mitarb.).

Man kann behaupten, daß der 100-Watt-Test mit einer Arbeitsdauer von 10 Minuten wohl für die Männer, nicht aber für untrainierte Frauen ein submaximales Belastungsverfahren darstellt. Dennoch ist ein Vergleich von Männern mit Frauen entsprechender Altersgruppen sehr aufschlußreich.

Während sich sowohl die Herzfrequenz als auch die Frequenzzunahme bei den 20- bis 29- und 30- bis 39jährigen, vergleicht man die Werte der Männer mit denen gleichaltriger Frauen, hochsignifikant unterscheiden (Tab. XI, XII, XIII und XIV; Abb. 4, 5, 9, 10), werden die Abweichungen zwischen den 40- bis 49jährigen Männern und Frauen schon auffallend geringer (Tab. XV und XVI; Abb. 6, 9, 10). Die Werte der beiden ältesten Gruppen nähern sich noch weiter und haben keine signifikanten Differenzen mehr aufzuweisen (Tab. XVII und XVIII; Abb. 7, 9 und 10). Somit hat sich die Feststellung, die Leistungsherzfrequenzen der Frauen lägen bei absolut gleichen Belastungen immer signifikant höher als bei gleichaltrigen Männern (MELLEROWICZ 1962), in den hier durchgeführten Versuchen nicht für alle Altersgruppen

bestätigt. Vielmehr trifft die Erkenntnis zu, daß die Unterschiede der Leistungsfähigkeit zwischen Männern und Frauen mit zunehmendem Alter geringer werden (SCHMIDT). Zu ähnlichen Resultaten kamen auch HOLLMANN und Mitarb. bei der Untersuchung des Sauerstoffaufnahmevermögens.

Auf einige Unterschiede in der Frequenzzunahme zwischen Männern und Frauen während der Arbeitsperiode möchte ich noch einmal hinweisen. Wie bereits festgestellt, nimmt die Herzfrequenz der weiblichen Versuchspersonen in der ersten Belastungsminute um hochsignifikant höhere Werte zu als es bei gleichaltrigen Männern der Fall ist. Dies ist verständlich, da Frauen ja mehr angestrengt werden wenn sie die gleiche Leistung wie Männer erbringen müssen (NÖCKER und Mitarb.). Der Zuwachs der Herzfrequenz von B1 bis B6 ist bei den älteren männlichen Probanden signifikant größer, bei den älteren weiblichen niedriger als bei den jüngeren Gruppen. Dasselbe gilt für die Gesamtzunahme der Herzfrequenz von B1 bis B10 (Abb. 9 und 10). Als Erklärung dafür gilt das auf Seite 26 über die höheren Herzfrequenzen älterer Männer und niedrigeren Herzfrequenzen älterer Frauen Gesagte.

Besondere Aufmerksamkeit verdient der Herzfrequenzanstieg von B6 bis B10 . Er bewegt sich bei allen Gruppen (Ausnahme : 30- bis 39jährige Frauen : 8,3 Schläge/min) innerhalb sehr enger Grenzen (3,2 bis 6,5 Schläge/min). Fast alle Gruppen erreichen demnach zumindest ein relatives "steady-state" der Herzfrequenz (HAUCH und Mitarb.,

MELLEROWICZ und Mitarb.). Bei den Frauen ist dieses "steady-state" offensichtlich nur ein scheinbares, da es wahrscheinlich schon die Grenze der maximalen Herzfrequenz darstellt (BLOHMKE). Aus diesen Beobachtungen schließe ich, daß es nicht unbedingt notwendig ist, eine einstufige Belastung mit 100 Watt auf länger als 6 Minuten auszudehnen, alle wesentlichen Veränderungen der Herzfrequenz kommen schon in dieser Zeitspanne zum Ausdruck.

Beim Vergleich der beiden Alterssportgruppen fallen die höheren Herzfrequenzwerte in der Arbeitsphase und der bis zur dritten Belastungsminute anhaltende steile Anstieg der Herzfrequenz der älteren Probanden auf (Abb. 3). Sie sind Ausdruck für eine physiologische Abnahme der Leistungsfähigkeit mit fortschreitendem Alter.

Um zu untersuchen, ob und wann ein stärkerer Leistungsabfall, wie ihn SCHMIDT und JOKL bei über 75jährigen Sportlern feststellten auch bei der ergometrischen 100-Watt-Belastung nachgewiesen werden kann, unterteilte ich die getesteten Alterssportler in 4 Gruppen : 55-60 J. (n = 18), 61-65 J. (n = 11), 66-70 J. (n = 15), 71 - 79 J. (n = 4). Abb. 12 zeigt, eine lineare Altersabhängigkeit der Herzfrequenz während der Arbeitsperiode, wobei die 71- bis 79jährigen tatsächlich eindeutig von den anderen Gruppen in ihrer weit höheren Frequenz abweichen. Freilich darf man diesem Ergebnis keine allzugroße Bedeutung beimessen, da die Gruppe

der 71- bis 79jährigen aus nur 4 Probanden besteht, doch ist die Tendenz immerhin auffällig. Dazu ist noch zu bemerken, daß diese 4 Herren bei dem 5000 m-Lauf in Bad Brückenau, einen Tag nach den Untersuchungen, Zeiten benötigten, die deutlich über dem Durchschnitt der jüngeren Gruppen lagen.

Daß körperlich Trainierte, insbesondere Ausdauer-sportler bei Ergometerbelastungen niedrigere Herzfrequenzen haben als Nichtsportler, ist hinreichend bekannt (BOROS, MELLEROWICZ 1956, DIETLEIN, HEIM, HOLLMANN 1959, KIRCHHOFF, KÖNIG und Mitarb., NÖCKER, PROKOP und Mitarb., REINDELL, ROSKAMM und Mitarb.). Diese Feststellung wurde auch bei unseren Untersuchungen an ausdauertrainierten Alterssportlern in vollem Umfang bestätigt. Wie groß der Unterschied im Pulsverhalten zwischen diesen und etwa gleichaltrigen Untrainierten ist, führt uns Abb. 8 vor Augen. Er wird hervorgerufen durch eine trainingsbedingte Bradykardie, die Ausdruck für ein auch bei Alterssportlern nachgewiesenes größeres Herzvolumen ist (NÖCKER).

Wenn wir die Feststellung von MÜLLER, daß nicht die absolute Herzfrequenz, sondern die Erhöhung über den jeweiligen Ruhewert für die Kreislaufbeurteilung von Bedeutung ist, berücksichtigen, sehen wir, daß die im Hinblick auf das Alter vergleichbaren Gruppen der Sportler und Nichtsportler, was die Gesamtzunahme der Herzfrequenz von BF bis B10 (50- bis 64jährige Männer : 58, 55- bis 65jährige Alterssportler : 56 Schläge/min) anbelangt, nur eine relativ geringe Abweichung zeigen. Der entscheidende Unterschied liegt da-

rin, daß der initiale Frequenzanstieg in der ersten Belastungsminute bei Alterssportlern größer, daß vor allem aber die weitere Frequenzzunahme von B1 bis B6 oder von B1 bis B10 auffallend kleiner ist (Tab. XX; Abb. 9 und 10). Anders ausgedrückt heißt das, daß die Trainierten schon nach sehr kurzer Zeit einen Punkt erreichen, von dem ab ihre Herzfrequenzkurve nur noch flach ansteigt ("steady-state"), während dieser Punkt von Untrainierten erst nach mehreren Minuten erreicht wird und der Kurvenanstieg steiler ist (KIRCHHOFF). Deshalb gelange ich zu der Überzeugung, daß die letztgenannten Kriterien, nämlich der Herzfrequenzanstieg während der ersten Belastungsminute und die Frequenzzunahme von B1 bis B6 oder von B1 bis B10, für eine Kreislaufbeurteilung aussagekräftiger sind als die Gesamtzunahme der Herzfrequenz von BF bis B 10, da man voraussetzen darf, daß Sportler einen leistungsfähigeren Organismus haben als Nichtsportler.

Ein Vergleich der Alterssportler mit jüngeren Normalpersonen erscheint mir nur für die Gruppe IIas (66- bis 79jährige Alterssportler) mit Gruppe IVm (50- bis 64jährige untrainierte Männer) bedeutsam. Die hochsignifikanten Herzfrequenzunterschiede zwischen beiden Gruppen (Tab. XXI) sind mit großer Wahrscheinlichkeit nicht nur altersbedingt, sondern werden vorwiegend von der Trainingsbradykardie, die allgemein bei Sportlern in Ruhe und bei submaximaler Belastung zu finden ist, hervorgerufen. (Abb. 8).

Stellt man nun aber die Anstiegswerte der Herzfrequenz beider Gruppen gegenüber (Tab. XXII), so findet man eine überraschend große Übereinstimmung (Abb. 9). Demnach scheint die Umstellung des Kreislaufs bei einer physikalisch gleichen Belastung bei den 66- bis 79jährigen Alterssportlern und den 50- bis 64jährigen untrainierten Männern auf dieselbe Art und Weise zu erfolgen. Ich glaube, daß dieses Ergebnis die Aussage, Alterssportler wären in ihrer Leistungsfähigkeit mit 10 bis 20 Jahre jüngeren Normalpersonen vergleichbar, bestätigt (JOKL, NÖCKER, SCHMIDT). Da die Herzarbeit um so ökonomischer ist, je tiefer die Frequenz liegt. (GOLLWITZER-MEIER, REIN), ist schon allein anhand dieser Beobachtungen, die Forderung, Bewegungstherapie und Sport, die ja zu einer auffallenden Verringerung der Herzfrequenz führen, mehr als bisher in Prophylaxe und Rehabilitation der Herz- und Kreislaufkrankheiten einzusetzen, durchaus berechtigt (MÜHLBERG und Mitarb.).

3. Erholungsphase

Nach Beendigung der Belastung sinkt die Herzfrequenz wieder ab. Bei den untrainierten Männern erreichen Gruppe Im (20-29 J.) und Gruppe IIm (30-39 J.) von der ersten bis zur sechsten Erholungsminute die niedrigsten Werte entsprechend ihrer niedrigeren Arbeitsfrequenzen. Auch die Frauen zeigen insofern das gleiche Pulsverhalten, als diejenigen, die während der Belastung die höchsten Herzfrequenzen erreicht hatten, ebenso in der Erholungsphase die größten Werte aufweisen (Tab. IV und VII; Abb. 1 und 2). Demnach ist die Erholungs-

frequenz offensichtlich von der maximal erreichten Herzfrequenz während einer bestimmten Belastung abhängig.

So ist es auch verständlich, daß die Alterssportler in der Phase nach der Arbeit die eindeutig niedrigsten Werte erreichen. Dies beweist zwar, daß Körpertraining eine Verringerung der Erholungsherzfrequenz auch bei älteren Menschen bewirkt (KARRASCH und Mitarb., MAXFIELD, SHEPHARD), ob damit aber auch eine bessere Erholungsfähigkeit im Vergleich zu ebenfalls älteren Normalpersonen verbunden ist, halte ich für fraglich. Auf den Grund dafür werde ich noch zu sprechen kommen.

Was den Frequenzrückgang in der ersten Erholungsminute anbelangt, können wir eine Altersabhängigkeit in dem Sinne feststellen, als die jüngeren Gruppen bei Männern und Frauen einen steileren Abfall aufweisen, wobei die Abnahme der Herzfrequenz bei Frauen entsprechend der höheren Arbeitsfrequenz sichtbar größer ist als bei Männern (Tab. V und VIII; Abb. 11). Schon an diesem Beispiel kann man erkennen, daß der Organismus mit steigendem Alter eine geringere Erholungsfähigkeit besitzt (BROUHA, NÖCKER). sehr deutlich kommt dies auch in Abb. 1 zum Ausdruck. Die Männer der Gruppe Im (20-29 J.) und Gruppe IIIm (30-39 J.) nähern sich schon kurze Zeit nach Arbeitsabbruch zusehends dem Bereich ihrer Herzfrequenzen vor Belastungsbeginn, während die Gruppe IIIIm (40-49 J.) und Gruppe IVIm (50-64 J.) noch weit davon entfernt sind.

Im Kurvenverlauf der Frauen kommt diese Tendenz nicht so deutlich zum Ausdruck (Abb. 2), betrachten wir uns aber den gesamten Frequenzrückgang während der sechs registrierten Minuten (20-29 J. : 59,2/min; 30-39 J. : 61,5/min; 40-49 J. : 51,6/min; 50-60 J. : 47,3/min), so wird doch auch hier der langsamere Abfall der Herzfrequenz bei den beiden älteren Gruppen sichtbar.

Der Herzfrequenzrückgang ist bei den Alterssportlern, vergleicht man die Gruppen Ias (55-65 J.) und IIas (66-79 J.), praktisch gleich, ebenso läßt sich kaum ein Unterschied zwischen den 50- bis 64jährigen untrainierten Männern und den etwa gleichaltrigen trainierten nachweisen (Tab. XX; Abb. 11). Da auch die Abstände der Herzfrequenzen nach sechs Erholungsminuten bei den genannten Gruppen mit etwa 20 Schlägen/min identisch sind (Abb. 8) und sich deutlich von denen der 20- bis 29jährigen Männer (15 Schläge/min) abheben, stimmen unsere Resultate für die Alterssportler nicht mit der Feststellung überein, daß nach gleicher Leistung die Ruhewerte von Trainierten schneller wieder erreicht werden (MELLEROWICZ 1962). Deshalb glaube ich, daß meine Zweifel an einer besseren Erholungsfähigkeit der Alterssportler berechtigt sind, vorausgesetzt natürlich, daß man überhaupt bei dem angewandten Testverfahren von den gemachten Beobachtungen Rückschlüsse auf diese Erholungsfähigkeit ziehen darf.

4. Pulsverhalten gelegentlich Sporttreibender und Nichtsportler

Bei nur unregelmäßig Sporttreibenden ließ sich mit dem 100-Watt-Test keine signifikant bessere Leistungsfähigkeit nachweisen, als sie Nichtsportler haben (Abb. 13). Immerhin sind die Merkmale eines ausgeglicheneren Kreislaufs, der versucht, sich bei konstanter Arbeitsleistung mit seiner Herzfrequenz möglichst schnell auf ein bestimmtes Niveau einzustellen (KIRCHHOFF), bei den Sporttreibenden angedeutet.

5. Einfluß einer 25-Watt-Belastung während der Vorphase auf das Pulsverhalten

Welchen Einfluß eine 25-Watt-Belastung während der Vorphase auf das weitere Pulsverhalten im 100-Watt-Test ausübt, wurde bereits auf Seite 20 eingehend erläutert (Abb. 14 und 15; Tab. XXIII). Demnach hat sich die Behauptung vieler Probanden, sie könnten durch ein sogenanntes Warmtreten ihre Leistung bei der eigentlichen Belastung verbessern, zumindest für diese Art von Versuch nicht bestätigt. Bei den 30- bis 50jährigen erweist sich sogar das Gegenteil (Abb. 14 und 15).

6. Kritik des 100-Watt-Tests

Mit den vorliegenden Untersuchungen komme ich zu dem Ergebnis, daß der 100-Watt-Test in der Form, wie er hier durchgeführt wurde, nicht unbedingt ein ideales Belastungsverfahren darstellt; dieser Test ist nicht zur Prüfung eines jeden Pro-

banden auf seine Leistungsfähigkeit hin geeignet, da die Belastung für untrainierte Frauen - wie wir gesehen haben, nähert sie sich bei ihnen bereits dem maximal zumutbaren Bereich - und für Männer, die nicht herz- und kreislaufgesund sind, zu hoch ist. Für Leistungssportler aber ist die Belastung zur Prüfung ihrer Fitness zu niedrig. Somit ist der Personenkreis bei dem dieser Test ohne Bedenken und zur Erlangung aussagekräftiger Resultate angewandt werden kann, relativ beschränkt. Dann aber stellt er sicher eine sehr wertvolle Methode dar, besonders zur Beurteilung von Trainingseffekten, Kurerfolgen, das heißt, immer wenn es um vergleichende Untersuchungen geht.

E. Zusammenfassung

Es wurde sowohl bei 127 untrainierten Männern und 40 untrainierten Frauen verschiedenen Alters (20 bis 64 Jahre) als auch bei 48 ausdauertrainierten Alterssportlern (55 bis 79 Jahre) das Verhalten der Herzfrequenz vor, während und nach einer 10minütigen Belastung mit 100 Watt untersucht und festgestellt,

daß für Männer der 100-Watt-Test eine submaximale Belastung darstellt, für die meisten Frauen aber eine maximale,

daß bei Männern daher die Leistungsfrequenz bei 100 Watt mit dem Alter nicht abnimmt, bei den Frauen aber eine deutliche altersabhängige Abnahme festzustellen ist,

daß die Frequenzunterschiede bei Männern und Frauen mit zunehmendem Alter geringer werden,

daß ein relatives "steady-state" bereits in sechs Minuten erreicht wird und daher eine über sechs Minuten hinausgehende Belastung von 100 Watt zu diesem Test gar nicht nötig wäre,

daß sich die Herzfrequenzen der Alterssportler auf dem niedrigsten Niveau aller untersuchten Gruppen bewegen,

daß bei den Alterssportlern mit zunehmendem Alter die Frequenz steigt und bei den 71- bis 79jährigen besonders hoch ist,

daß die Höhe der Erholungsfrequenz von der Höhe der maximalen Belastungsfrequenz abhängt und nicht vom Alter und Geschlecht,

daß bei Alterssportlern keine bessere Erholungsfähigkeit nachzuweisen ist, als bei den anderen Untersuchten.

Tabellen

Verwendete Abkürzungen

R:	Ruhepuls = Herzfrequenz in Ruhe liegend
V0:	Herzfrequenz in Ruhe sitzend zu Beginn der Vorphase
BF:	Basisfrequenz
B1:	erste Minute der Belastung
B6:	sechste Minute der Belastung
B10:	zehnte Minute der Belastung
E1:	erste Minute der Erholung
E5:	fünfte Minute der Erholung
BF-B1:	Anstieg der Herzfrequenz von BF bis B1
B1-B6:	Anstieg der Herzfrequenz von B1 bis B6
B6-B10:	Anstieg der Herzfrequenz von B6 bis B10
B1-B10:	Anstieg der Herzfrequenz von B1 bis B10
B10-E1:	Abfall der Herzfrequenz von B10 bis E1
E1-E6:	Abfall der Herzfrequenz von E1 bis E6

Tabelle I.

Männer	Bez.	Frauen	Bez.	Alterssp.	Bez.
20-29 J.	Im	20-29 J.	If	55-65 J.	Ias
n = 32		n = 12		n = 29	
30 - 39 J.	IIIm	30-39 J.	IIIf	66-79 J.	IIas
n = 33		n = 13		n = 19	
40-49 J.	IIIIm	40-49 J.	IIIIf		
n = 34		n = 9			
50-64 J.	IVIm	50-60 J.	IVIf		
n = 28		n = 6			

Einteilung und Bezeichnung (Bez.) der Altersgruppen

Tabelle II.

Mittelwert : $\bar{x} = \frac{x_1 + \dots + x_n}{n}$

Standardabweichung: $s = \sqrt{\frac{\sum x^2}{n-1}}$

t-Werte:
$$\sqrt{\frac{\frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\left[\frac{n_1 + n_2}{n_1 n_2} \right]}}{\left[\frac{Q_1 + Q_2}{n_1 + n_2 - 2} \right]}}$$

$$Q = s^2 (n - 1)$$

Freiheitsgrade: $FG = n_1 + n_2 - 2$

Formelsammlung für die statistische Auswertung (BEHNKE, SACHS)

Tabelle III.

Gruppen	Werte	R	VO	Differenz	P
20-29 J.	$\bar{x}$	67,1	82,2	15,1	P<0,01
n = 32	s	12,4	15,3		
30-39 J.	$\bar{x}$	67,7	79,7	12,0	P<0,01
n = 33	s	16,4	14,9		
40-49 J.	$\bar{x}$	60,0	76,2	16,2	P<0,01
n = 34	s	12,3	16,3		
50-64 J.	$\bar{x}$	64,8	78,2	13,4	P<0,01
n = 28	s	15,6	12,8		

Ruhepuls (R) und Herzfrequenz in VO bei untrainierten Männern

Tabelle IV.

Zeitpunkt	Werte	20-29J. n = 32	30-39J. n = 33	40-49J. n = 34	50-64J. n = 28
B1	$\bar{x}$	118,5	114,3	120,2	117,3
	s	12,4	12,5	10,9	10,5
B6	$\bar{x}$	129,2	124,0	136,1	133,8
	s	15,6	17,2	12,2	14,2
B10	$\bar{x}$	134,2	130,5	142,3	138,8
	s	16,0	17,7	12,6	14,7
E1	$\bar{x}$	100,4	99,0	115,1	113,0
	s	18,4	19,5	16,1	16,6
E5	$\bar{x}$	95,1	92,3	102,2	102,0
	s	14,9	14,6	15,4	12,2

Herzfrequenz bei untrainierten Männern während der Belastungs- und Erholungsphase

Tabelle V.

Versuchs- phase	Werte	20-29J. n = 32	30-39J. n = 33	40-49J. n = 34	50-64J. n = 28
BF-B1	$\bar{x}$	41,1	36,8	35,9	36,7
	s	12,2	12,8	10,7	10,3
B1-B6	$\bar{x}$	10,7	9,7	15,9	16,5
	s	10,0	10,4	6,3	10,8
B6-B10	$\bar{x}$	5,0	6,5	6,2	5,0
	s	5,2	4,9	3,9	3,2
B1-B10	$\bar{x}$	15,7	16,2	22,1	21,5
	s	11,5	11,8	7,6	12,6
B10-E1	$\bar{x}$	33,8	31,5	27,2	25,8
	s	12,1	7,3	9,9	7,2
E1-E6	$\bar{x}$	7,9	6,3	13,3	12,7
	s	10,9	10,6	8,3	10,3

Anstieg und Abfall der Herzfrequenz bei untrainierten Männern.

Tabelle VI.

Gruppen	Werte	R	VO	Differenz	P
20-29 J.	$\bar{x}$	62,4	84,9	22,5	$P < 0,01$
n = 12	s	13,1	10,2		
30-39 J.	$\bar{x}$	68,6	81,3	12,7	$P < 0,05$
n = 13	s	11,5	8,9		
40-49 J.	$\bar{x}$	72,1	82,3	10,2	$P < 0,05$
n = 9	s	8,2	6,4		
50-60 J.	$\bar{x}$	74,0	81,6	7,6	$P > 0,05$
n = 6	s	8,6	10,3		

Ruhepuls (R) und Herzfrequenz in VO bei den Frauen.

Tabelle VII.

Zeit-	Werte	20-29J.	30-39J.	40-49J.	50-60J.
punkt		n = 12	n = 13	n = 9	n = 6
B1	$\bar{x}$	136,8	131,4	130,4	124,8
	s	15,2	12,6	15,9	9,9
B6	$\bar{x}$	162,8	158,1	150,7	143,3
	s	21,0	17,9	20,6	14,7
B10	$\bar{x}$	167,8	166,4	156,0	146,5
	s	19,0	18,3	20,6	15,6
E1	$\bar{x}$	128,0	123,4	121,6	115,3
	s	26,8	16,3	14,9	20,2
E5	$\bar{x}$	106,8	107,4	103,6	100,7
	s	20,0	11,6	8,5	14,2

Herzfrequenz bei Frauen während der Belastungs- und Erholungsphase.

Tabelle VIII.

Versuchs- phase	Werte	20-29J. n = 12	30-39J. n = 13	40-49J. n = 9	50-60J. n = 6
BF-B1	$\bar{x}$	59,1	51,5	53,6	51,3
	s	16,4	12,6	16,0	10,9
B1-B6	$\bar{x}$	26,0	26,7	20,3	18,5
	s	13,4	16,2	8,1	7,6
B6-B10	$\bar{x}$	5,0	8,3	5,3	3,2
	s	8,6	3,4	3,0	2,3
B1-B10	$\bar{x}$	31,0	35,0	25,6	21,7
	s	15,0	16,7	7,1	7,4
B10-E1	$\bar{x}$	39,0	43,0	34,4	31,2
	s	15,5	8,4	6,6	9,5
E1-E6	$\bar{x}$	20,2	18,5	17,2	16,1
	s	11,2	6,6	14,0	9,1

Anstieg und Abfall der Herzfrequenz bei Frauen
während und nach der Belastung.

Tabelle IX.

Zeit- punkt	Werte	55-65J. n = 29	66-79J. n = 19	Differenz d	P
B1	$\bar{x}$	101,8	103,2	1,4	P > 0,05
	s	12,8	11,1		
B6	$\bar{x}$	111,7	119,6	7,9	P > 0,05
	s	17,6	15,2		
B10	$\bar{x}$	116,3	122,7	6,4	P > 0,05
	s	18,9	17,8		
E1	$\bar{x}$	92,4	97,6	5,2	P > 0,05
	s	20,2	16,5		
E5	$\bar{x}$	85,9	86,3	0,4	P > 0,05
	s	18,2	12,8		

Herzfrequenz der Alterssportler während der Belastungs-
und Erholungsphase

Tabelle X.

Versuchs- phase	Werte	55-65J. n = 29	66-79J. n = 19	Differenz d	P
BF-B1	$\bar{x}$	41,5	37,6	3,9	$P > 0,05$
	s	13,2	10,7		
B1-B6	$\bar{x}$	9,7	16,4	6,7	$P < 0,02$
	s	8,1	10,1		
B6-B10	$\bar{x}$	4,6	3,1	1,5	$P > 0,05$
	s	5,3	6,1		
B1-B10	$\bar{x}$	14,3	19,5	5,2	$P > 0,05$
	s	10,2	12,4		
B10-E1	$\bar{x}$	23,9	25,1	1,3	$P > 0,05$
	s	7,0	10,1		
E1-E6	$\bar{x}$	11,3	12,9	1,6	$P > 0,05$
	s	7,2	7,8		

Anstieg und Abfall der Herzfrequenz bei ausdauertrainierten Alterssportlern.

Tabelle XI.

Zeit- punkt	Werte	Männer n = 32	Frauen n = 12	Differenz d	P
BF	$\bar{x}$	77,4	77,7	0,3	$P > 0,05$
	s	12,6	13,5		
B1	$\bar{x}$	118,5	136,8	18,3	$P < 0,001$
	s	12,4	15,2		
B6	$\bar{x}$	129,2	162,8	33,6	$P < 0,001$
	s	15,6	21,0		
B10	$\bar{x}$	134,2	167,8	33,6	$P < 0,001$
	s	16,0	19,0		
E1	$\bar{x}$	100,4	128,0	27,6	$P < 0,001$
	s	18,4	26,8		
E5	$\bar{x}$	95,1	106,8	11,7	$P < 0,05$
	s	14,9	20,0		

Herzfrequenz von Männern und Frauen (20-29 J. = Alters-
gruppe I) während der Belastungs- und Erholungsphase.

Tabelle XII.

Versuchs- phase	Werte	Männer n = 32	Frauen n = 12	Differenz d	P
BF-B1	$\bar{x}$	41,1	59,1	18,0	P < 0,001
	s	12,2	16,4		
B1-B6	$\bar{x}$	10,7	26,0	15,3	P < 0,001
	s	10,0	13,4		
B6-B10	$\bar{x}$	5,0	5,0	0,0	P > 0,05
	s	5,2	8,6		
B1-B10	$\bar{x}$	15,7	31,0	15,3	P < 0,001
	s	11,5	15,0		
B10-E1	$\bar{x}$	33,8	39,0	5,2	P > 0,05
	s	12,1	15,5		
E1-E6	$\bar{x}$	7,9	20,2	12,3	P < 0,005
	s	10,9	11,2		

Anstieg und Abfall der Herzfrequenz bei Männern und Frauen (20-29 J. = Altersgruppe I) während und nach der Belastung.

Tabelle XIII.

Zeit- punkt	Werte	Männer n = 33	Frauen n = 13	Differenz d	P
BF	$\bar{x}$	77,5	79,9	2,4	$P > 0,05$
	s	13,4	8,4		
B1	$\bar{x}$	114,3	131,4	17,1	$P < 0,001$
	s	12,5	12,6		
B6	$\bar{x}$	124,0	158,1	34,1	$P < 0,001$
	s	17,2	17,9		
B10	$\bar{x}$	130,5	166,4	35,9	$P < 0,001$
	s	17,7	18,3		
E1	$\bar{x}$	99,0	123,4	24,4	$P < 0,001$
	s	19,5	16,3		
E5	$\bar{x}$	92,3	107,4	15,1	$P < 0,005$
	s	14,6	11,6		

Herzfrequenz von Männern und Frauen (30 - 39 J. = Altersgruppe II) während der Belastungs- und Erholungsphase.

Tabelle XIV.

Versuchs- phase	Werte	Männer n = 33	Frauen n = 13	Differenz d	P
BF-B1	$\bar{x}$	36,8	51,5	14,7	$P < 0,001$
	s	12,8	12,6		
B1-B6	$\bar{x}$	9,7	26,7	17,0	$P < 0,001$
	s	10,4	16,2		
B6-B10	$\bar{x}$	6,5	8,3	1,8	$P > 0,05$
	s	4,9	3,4		
B1-B10	$\bar{x}$	16,2	35,0	18,8	$P < 0,001$
	s	11,8	16,7		
B10-E1	$\bar{x}$	31,5	43,0	11,8	$P < 0,001$
	s	7,3	8,4		
E1-E6	$\bar{x}$	6,3	18,5	12,2	$P < 0,001$
	s	10,6	6,6		

Anstieg und Abfall der Herzfrequenz bei Männern und Frauen (30 - 39 J. = Altersgruppe II) während und nach der Belastung.

Tabelle XV.

Zeit- punkt	Werte	Männer n = 34	Frauen n = 9	Differenz d	P
BF	$\bar{x}$	84,3	76,8	7,5	$P > 0,05$
	s	15,3	8,5		
B1	$\bar{x}$	120,2	130,4	10,2	$P < 0,05$
	s	10,9	15,9		
B6	$\bar{x}$	136,1	150,7	14,6	$P < 0,01$
	s	12,2	20,6		
B10	$\bar{x}$	142,3	156,0	13,7	$P < 0,02$
	s	12,6	19,4		
E1	$\bar{x}$	115,1	121,6	6,5	$P > 0,05$
	s	16,1	14,9		
E5	$\bar{x}$	102,2	103,6	1,4	$P > 0,05$
	s	15,4	8,5		

Herzfrequenz von Männern und Frauen (40 - 49 J. =
 Altersgruppe III) während der Belastungs- und Er-
 holungsphase

Tabelle XVI.

Versuchs- phase	Werte	Männer n = 34	Frauen n = 9	Differenz d	P
BF-B1	$\bar{x}$	35,9	53,6	17,7	$P < 0,001$
	s	10,7	16,0		
B1-B6	$\bar{x}$	15,9	20,3	4,4	$P > 0,05$
	s	6,3	8,1		
B6-B10	$\bar{x}$	6,2	5,3	0,9	$P > 0,05$
	s	3,9	3,0		
B1-B10	$\bar{x}$	22,1	25,6	3,5	$P > 0,05$
	s	7,6	7,1		
B10-E1	$\bar{x}$	27,2	34,4	7,2	$P < 0,05$
	s	9,9	6,6		
E1-E6	$\bar{x}$	12,2	16,1	3,9	$P > 0,05$
	s	10,3	9,1		

Anstieg und Abfall der Herzfrequenz bei Männern und Frauen (40 - 49 J. = Altersgruppe III) während der Belastungs- und Erholungsphase.

Tabelle XVII.

Zeit- punkt	Werte	Männer n = 28	Frauen n = 6	Differenz d	P
BF	$\bar{x}$	80,6	77,5	3,1	$P > 0,05$
	s	12,6	13,0		
B1	$\bar{x}$	117,3	124,8	7,5	$P > 0,05$
	s	10,5	9,9		
B6	$\bar{x}$	133,8	143,3	9,5	$P > 0,05$
	s	14,2	14,7		
B 10	$\bar{x}$	138,8	146,5	7,7	$P > 0,05$
	s	14,7	15,6		
E1	$\bar{x}$	113,0	115,3	2,3	$P > 0,05$
	s	16,6	20,2		
E5	$\bar{x}$	102,0	100,7	1,3	$P > 0,05$
	s	12,2	14,2		

Herzfrequenz von Männern und Frauen (50 - 64 J. = Altersgruppe IV) während der Belastungs- und Erholungsphase .

Tabelle XVIII.

Versuchs- phase	Werte	Männer n = 28	Frauen n = 6	Differenz d	P
BF-B1	$\bar{x}$	36,7	51,3	14,6	$P < 0,005$
	s	10,3	10,9		
B1-B6	$\bar{x}$	16,5	18,5	2,0	$P > 0,05$
	s	10,8	7,6		
B6-B10	$\bar{x}$	5,0	3,2	1,8	$P > 0,05$
	s	3,2	2,3		
B1-B10	$\bar{x}$	21,5	21,7	0,2	$P > 0,05$
	s	12,6	7,4		
B10-E1	$\bar{x}$	25,8	31,2	5,4	$P > 0,05$
	s	7,2	9,5		
E1-E6	$\bar{x}$	12,7	16,1	3,4	$P > 0,05$
	s	10,3	9,1		

Anstieg und Abfall der Herzfrequenz bei Männern und Frauen (50 - 64 J. = Altersgruppe IV) während der Belastungs- und Erholungsphase.

Tabelle XIX.

Zeitpunkt	Werte	Alterssp. Normalkoll.		Differenz	P
		55-65 J.	50-64 J.		
		n = 29	n = 28	d	
BF	$\bar{x}$	60,3	80,6	20,3	P < 0,001
	s	12,0	12,6		
B1	$\bar{x}$	101,8	117,3	15,5	P < 0,001
	s	12,8	10,5		
B6	$\bar{x}$	111,7	133,8	22,1	P < 0,001
	s	17,6	14,2		
B10	$\bar{x}$	116,3	138,8	22,5	P < 0,001
	s	18,9	14,7		
E1	$\bar{x}$	92,4	113,0	20,6	P < 0,001
	s	20,5	16,6		
E5	$\bar{x}$	85,9	102,0	16,1	P < 0,001
	s	18,2	12,2		

Herzfrequenz von Alterssportlern und Männern eines gleichaltrigen Normalkollektivs während der Belastungs- und Erholungsphase.

Tabelle XX.

Versuchs- phase	Werte	Alterssp.	Normalkoll.	Differenz d	P
		55-65 J. n = 29	50-64 J. n = 28		
BF-B1	$\bar{x}$	41,5	36,7	4,8	$P > 0,05$
	s	13,2	10,3		
B1-B6	$\bar{x}$	9,7	16,5	6,8	$P < 0,01$
	s	8,1	10,8		
B6-B10	$\bar{x}$	4,6	5,0	0,4	$P > 0,05$
	s	5,3	3,2		
B1-B10	$\bar{x}$	14,3	21,5	7,2	$P < 0,02$
	s	10,2	12,6		
B10-E1	$\bar{x}$	23,9	25,8	1,9	$P > 0,05$
	s	7,0	7,2		
E1-E6	$\bar{x}$	11,3	12,7	1,4	$P > 0,05$
	s	7,2	10,3		

Anstieg und Abfall der Herzfrequenz bei Alterssportlern und Männern eines gleichaltrigen Normalkollektivs während der Belastungs- und Erholungsphase.

Tabelle XXI.

Zeit- punkt	Werte	Alterssp. Normalkoll.		Differenz d	P
		66-79J.	50-64J.		
		n = 19	n = 28		
BF	$\bar{x}$	65,6	80,6	15,0	P < 0,001
	s	9,9	12,6		
B1	$\bar{x}$	103,2	117,3	14,1	P < 0,001
	s	11,1	10,5		
B6	$\bar{x}$	119,6	133,8	14,2	P < 0,005
	s	15,2	14,2		
B10	$\bar{x}$	122,7	138,8	16,1	P < 0,005
	s	17,8	14,7		
E1	$\bar{x}$	97,6	113,0	15,4	P < 0,005
	s	16,5	16,6		
E5	$\bar{x}$	86,3	102,0	17,7	P < 0,001
	s	12,7	12,2		

Herzfrequenz von 66- bis 79jährigen Alterssportlern und
 50- bis 64jährigen Männern eines Normalkollektivs während
 der Belastungs- und Erholungsphase.

Tabelle XXII.

Versuchs- phase	Werte	Alterssp. 66-79 J. n = 19	Normalkoll. 50-64 J. n = 28	Differenz d	P
BF-B1	$\bar{x}$	37,6	36,7	0,9	$P > 0,05$
	s	10,7	10,3		
B1-B6	$\bar{x}$	16,4	16,5	0,1	$P > 0,05$
	s	10,1	10,8		
B6-B10	$\bar{x}$	3,1	5,0	1,9	$P > 0,05$
	s	6,1	3,2		
B1-B10	$\bar{x}$	19,5	21,5	2,0	$P > 0,05$
	s	12,4	12,6		
B10-E1	$\bar{x}$	25,1	25,8	0,7	$P > 0,05$
	s	10,1	7,2		
E1-E6	$\bar{x}$	12,9	12,7	0,2	$P > 0,05$
	s	7,8	10,3		

Anstieg und Abfall der Herzfrequenz bei 66- bis 79jährigen Alterssportlern und 50- bis 64jährigen Männern eines Normalkollektivs während der Belastungs- und Erholungsphase.

Tabelle XXIII.

Gruppen	Werte	25 Watt	Ruhe	Differenz	P
20-29 J.	$\bar{x}$	25,6	34,2	8,6	$P < 0,05$
n = 9	s	10,6	8,8		
30-50 J.	$\bar{x}$	23,8	31,2	7,4	$P < 0,05$
n = 11	s	9,9	10,2		

Anstieg der Herzfrequenz von V6 - B1 bei 25 Watt und bei Ruhe während der Vorphase.

(V6: sechste Minute der Vorphase; B1: erste Minute der Belastung).

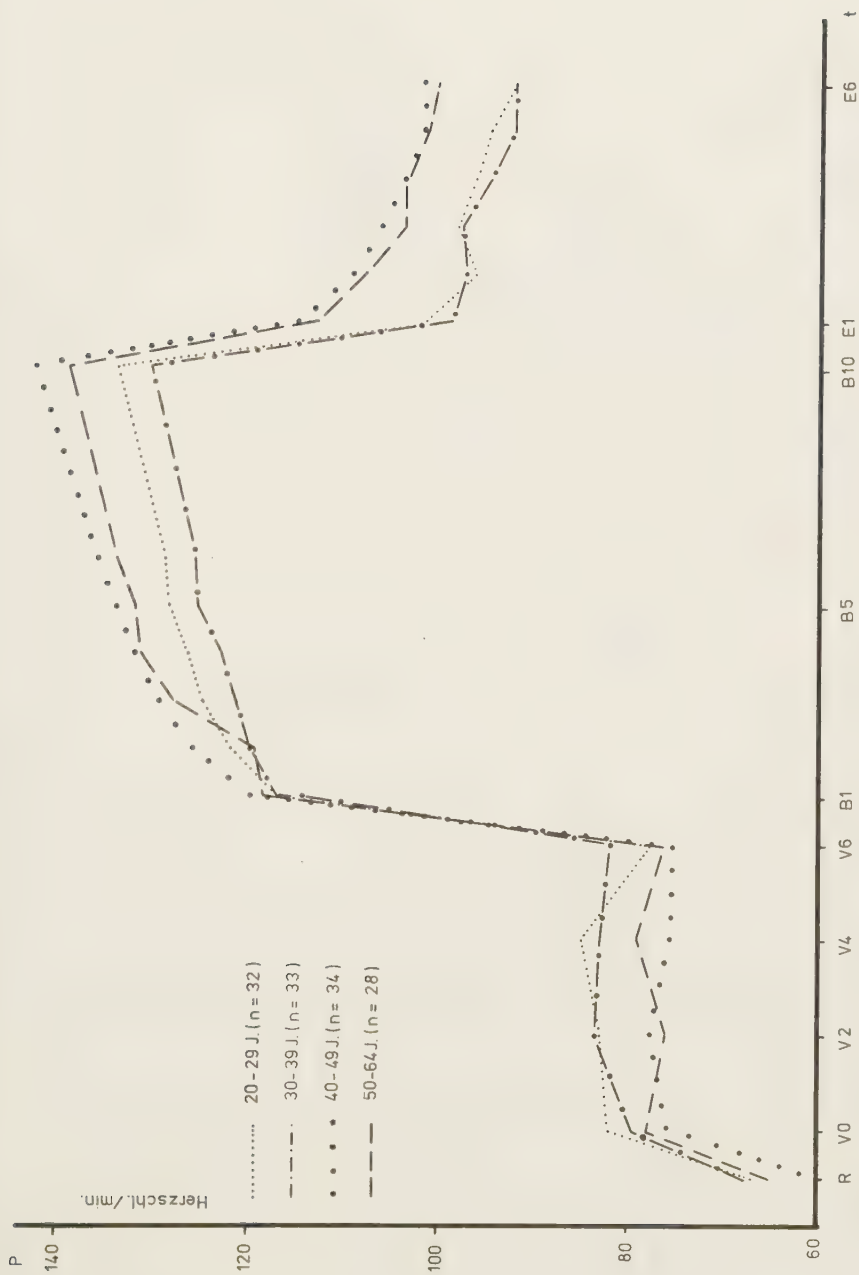


Abb. 1
Pulsverhalten von herzgesunden Männern

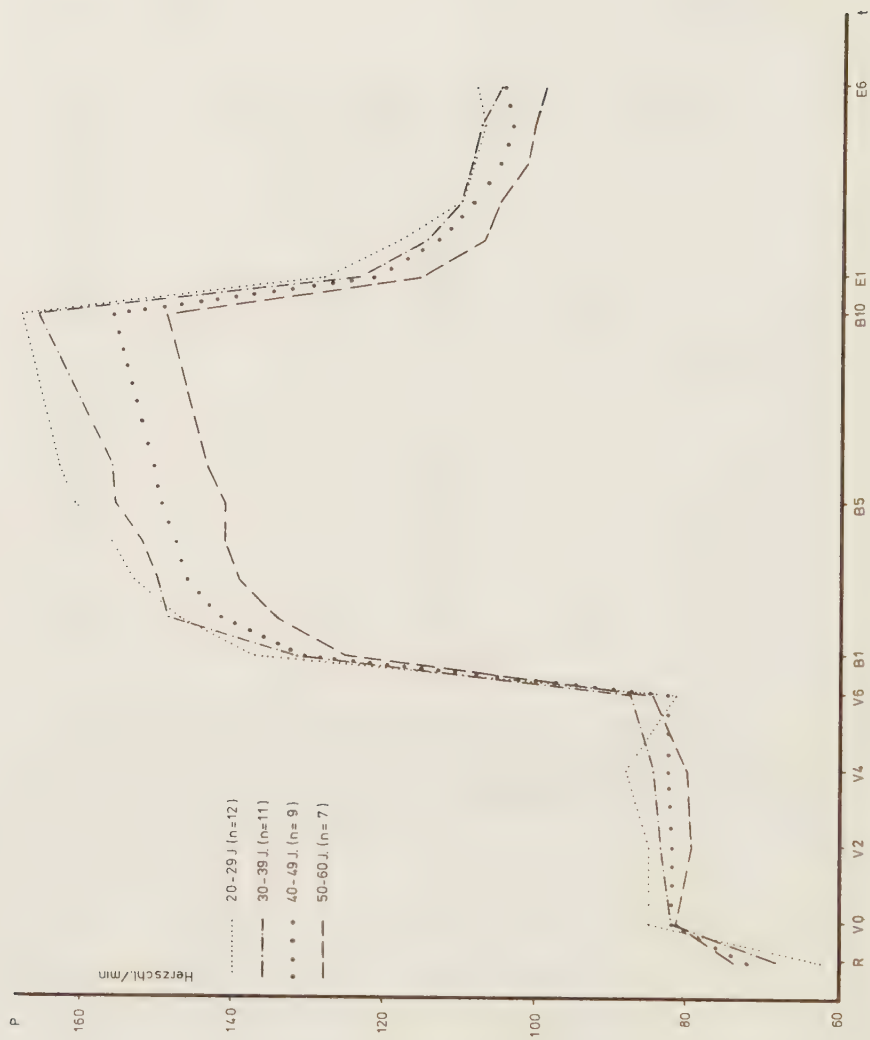


Abb. 2
Pulsverhalten von herzgesunden Frauen

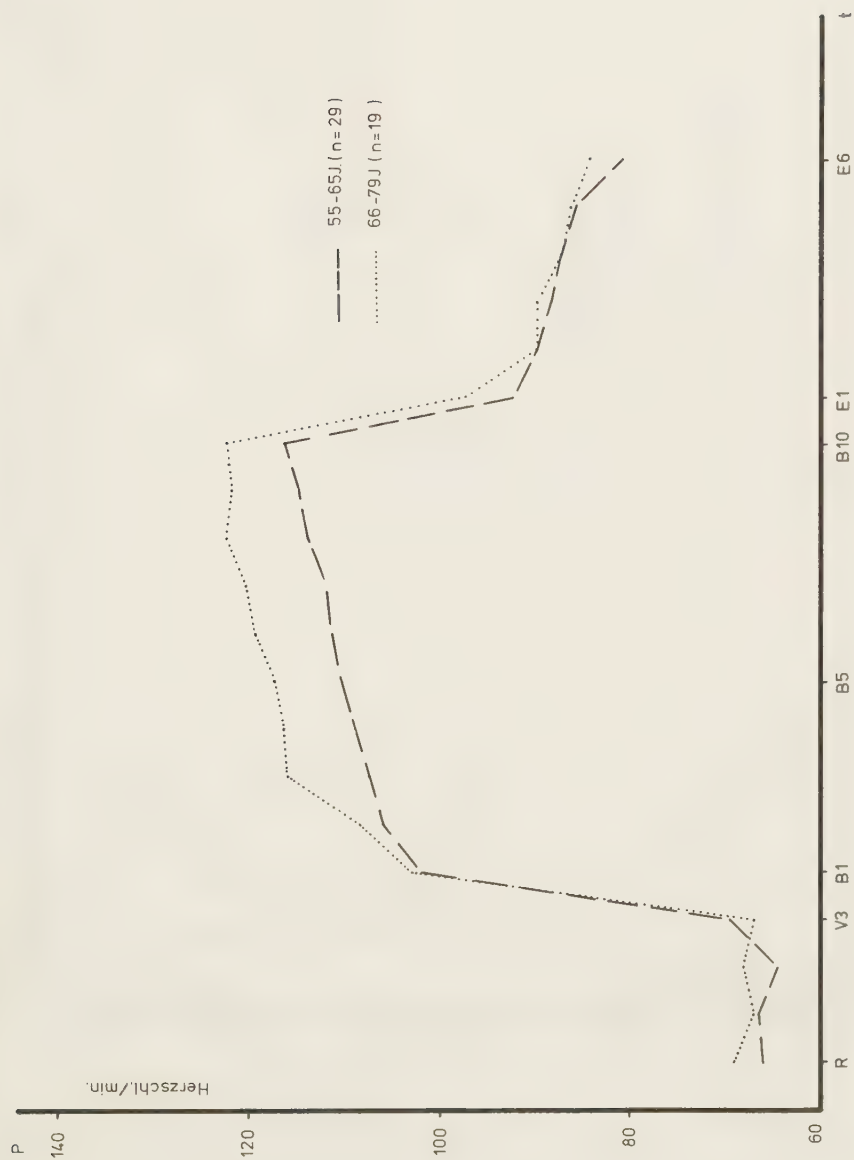


Abb. 3
Pulsverhalten von ausdauertrainierten Alterssportlern

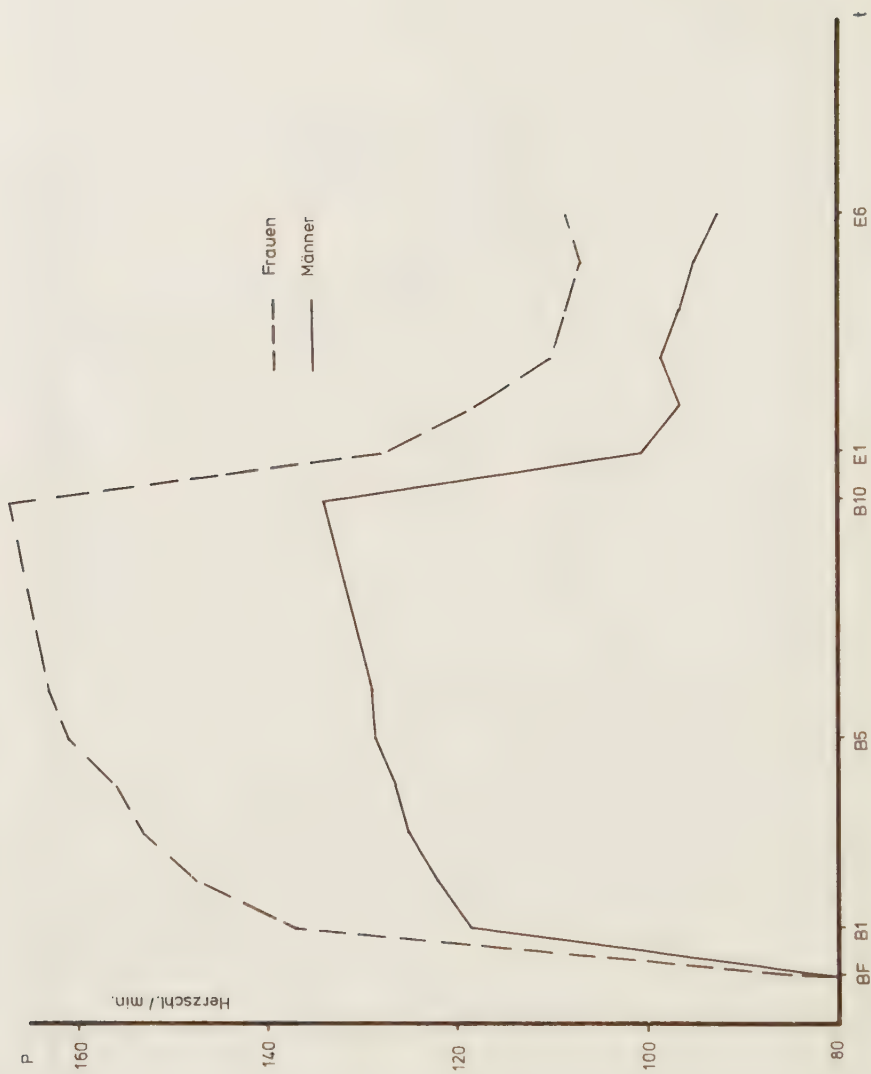


Abb. 4
Vergleich des Pulsverhaltens von Frauen und Männern (Alter: 20-29 J.)

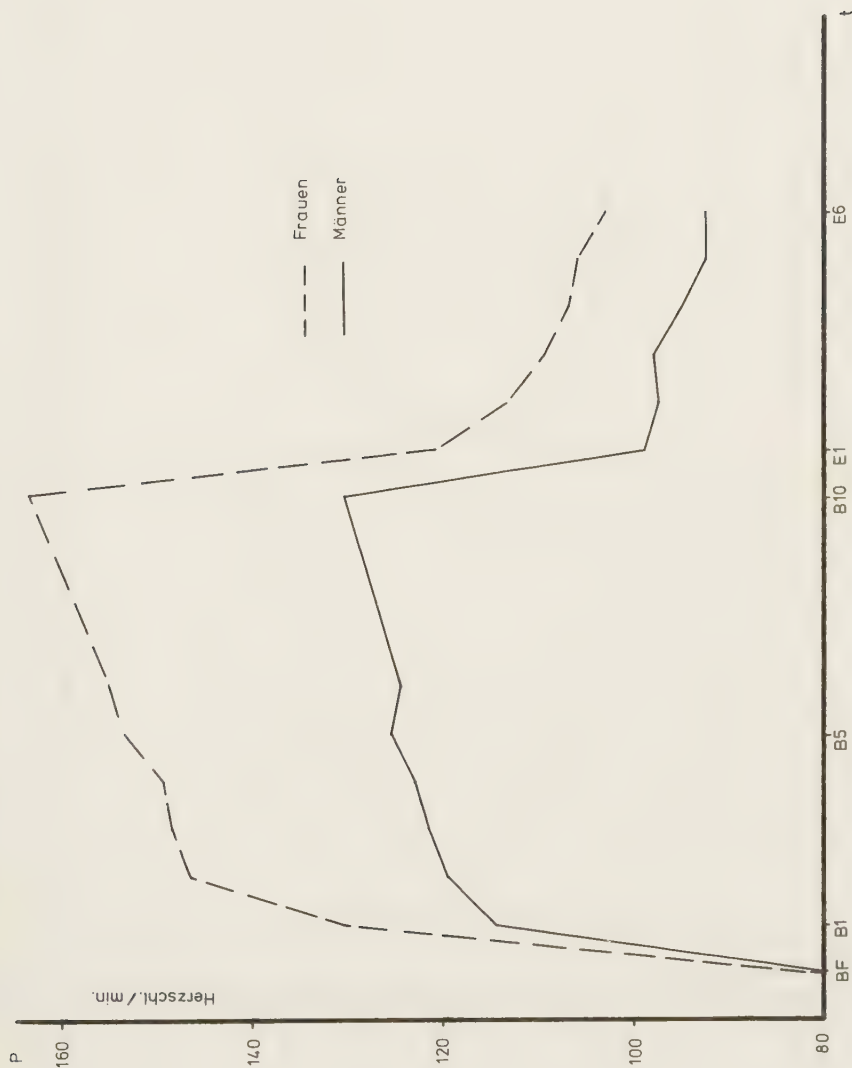


Abb. 5
Vergleich des Pulsverhaltens von Frauen und Männern (Alter: 30-39J.)



Abb 6
Vergleich des Pulsverhaltens von Frauen und Männern (Alter: 40-49 J.)

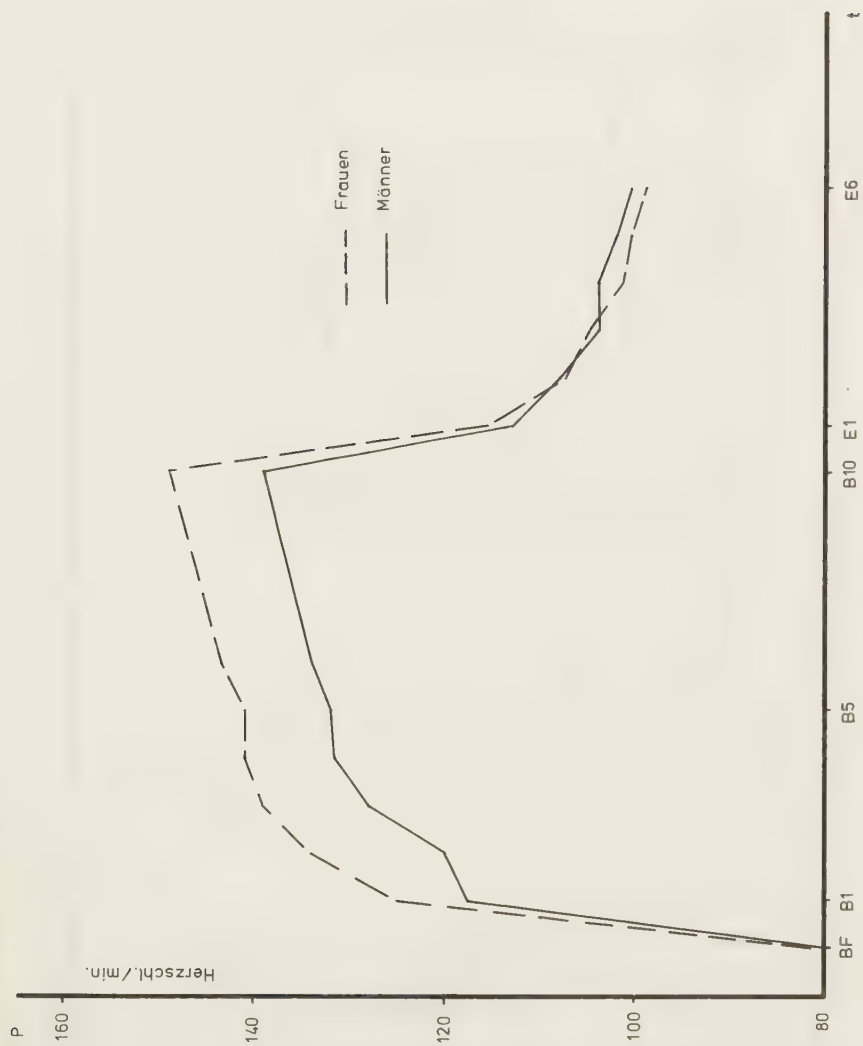


Abb. 7

Vergleich des Pulsverhaltens von 50-60 jährigen Frauen und 50-64 jährigen Männern

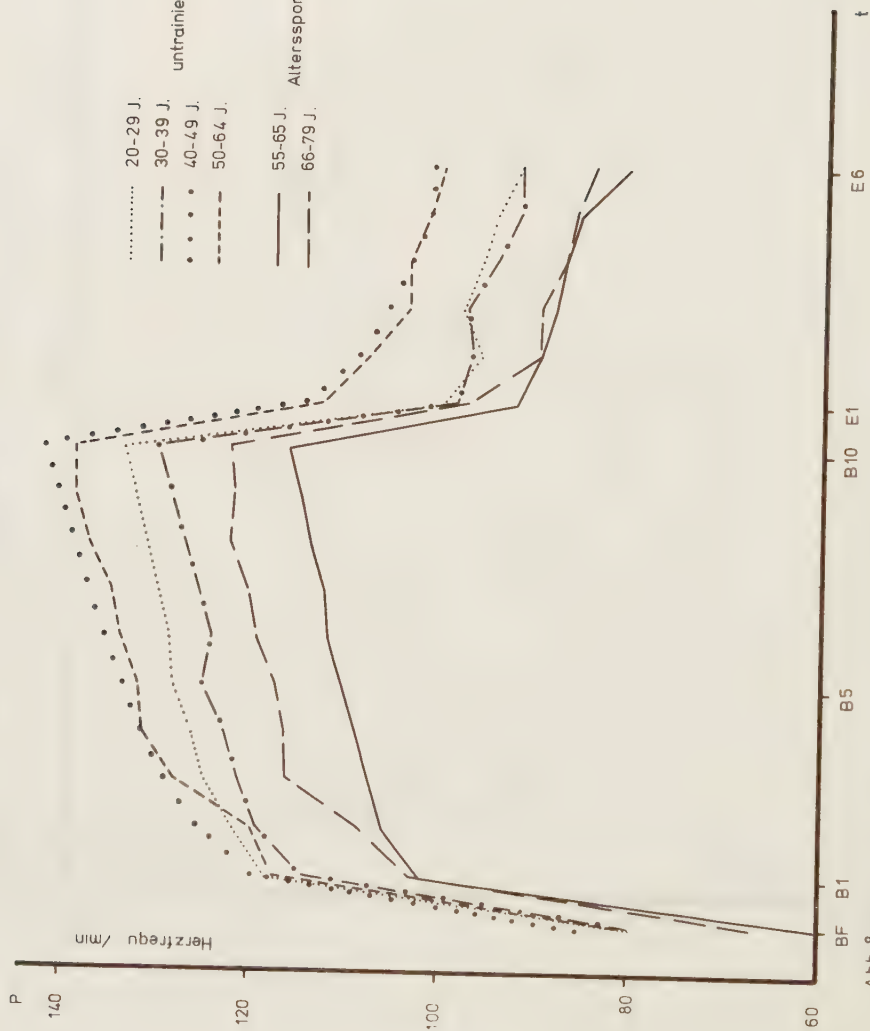


Abb. 8

Herzfrequenz - Vergleichs - Profil (untrainierte Männer und Alterssportler)

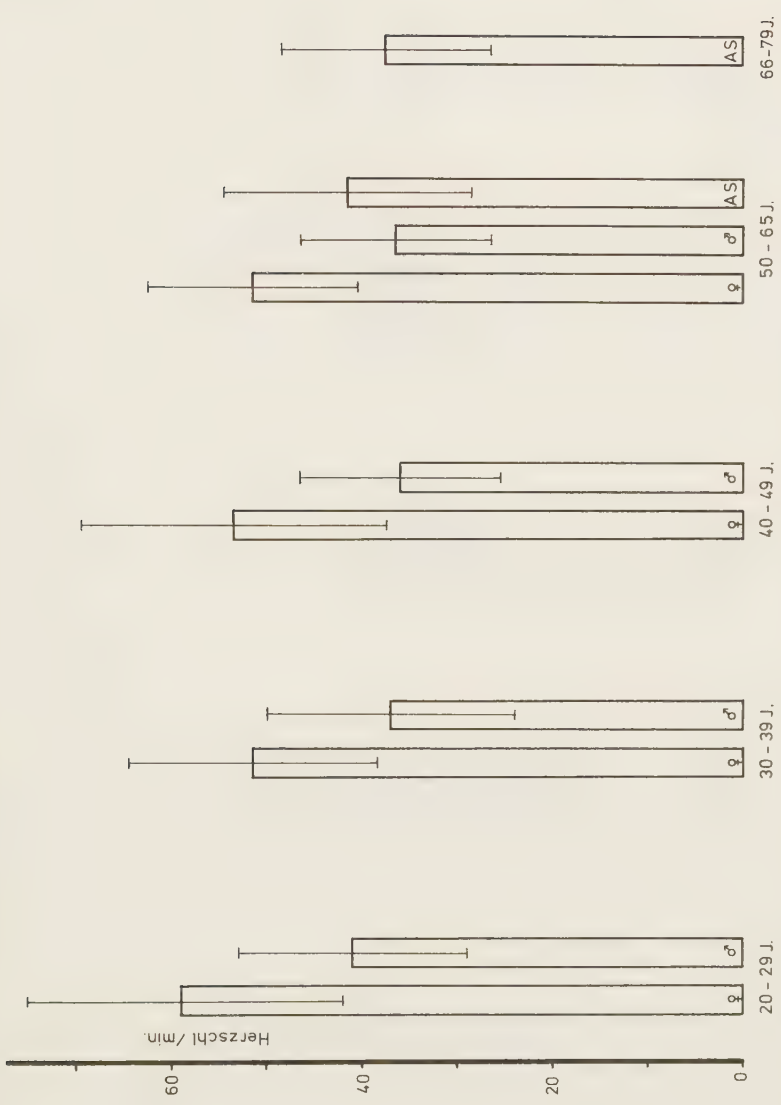


Abb. 9 Anstieg der Pulsfrequenz von BF nach B1 (Mittelwerte und Standardabweichungen)



Abb. 10

Anstieg der Pulsfrequenz von B1 nach B10 (Mittelwerte und Standardabweichungen)

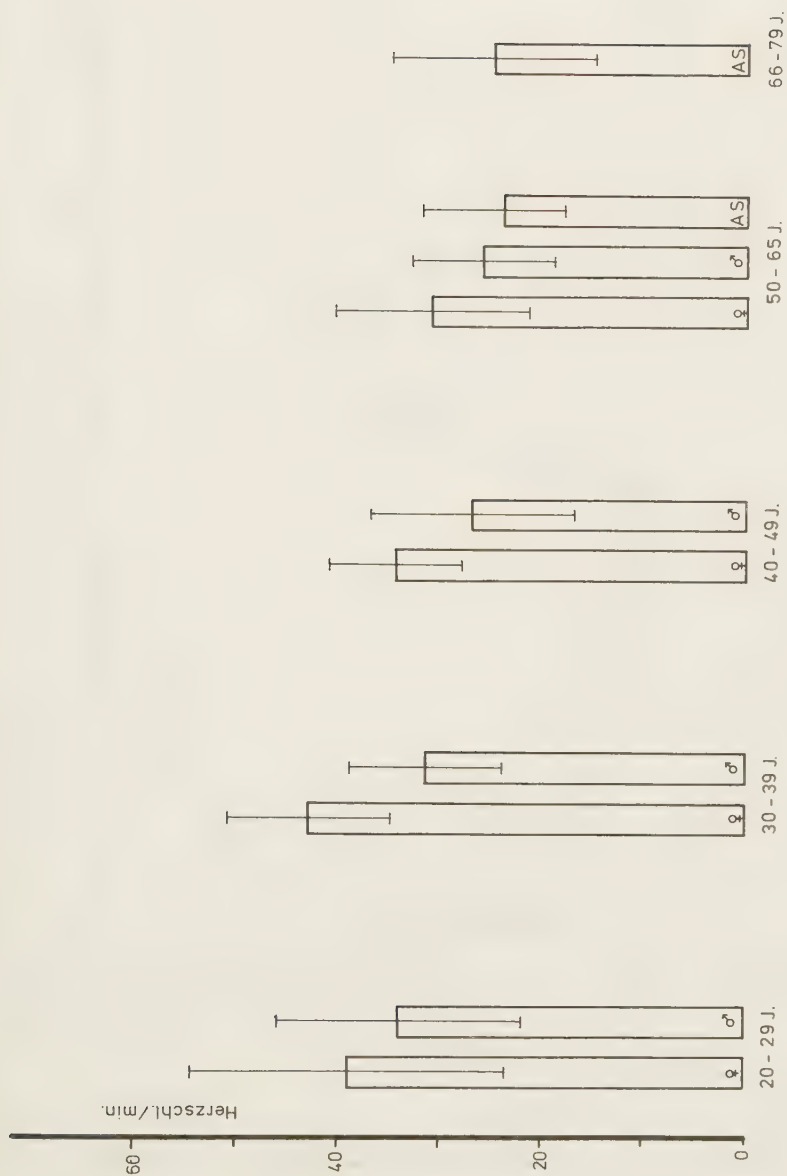


Abb.11

Abfall der Pulsfrequenz von B10 bis E1 (Mittelwerte und Standardabweichungen)

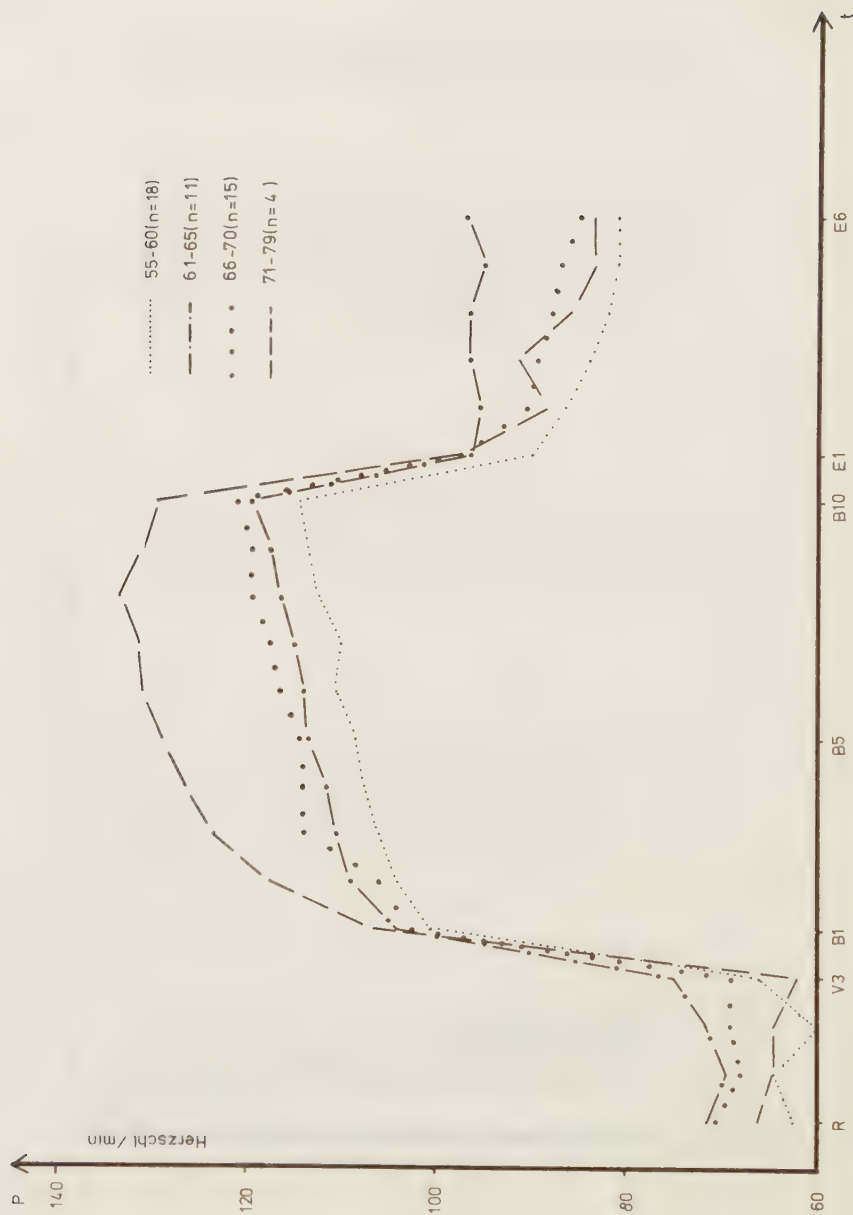


Abb. 12

Pulsverhalten von ausdauertrainierten Alterssportlern

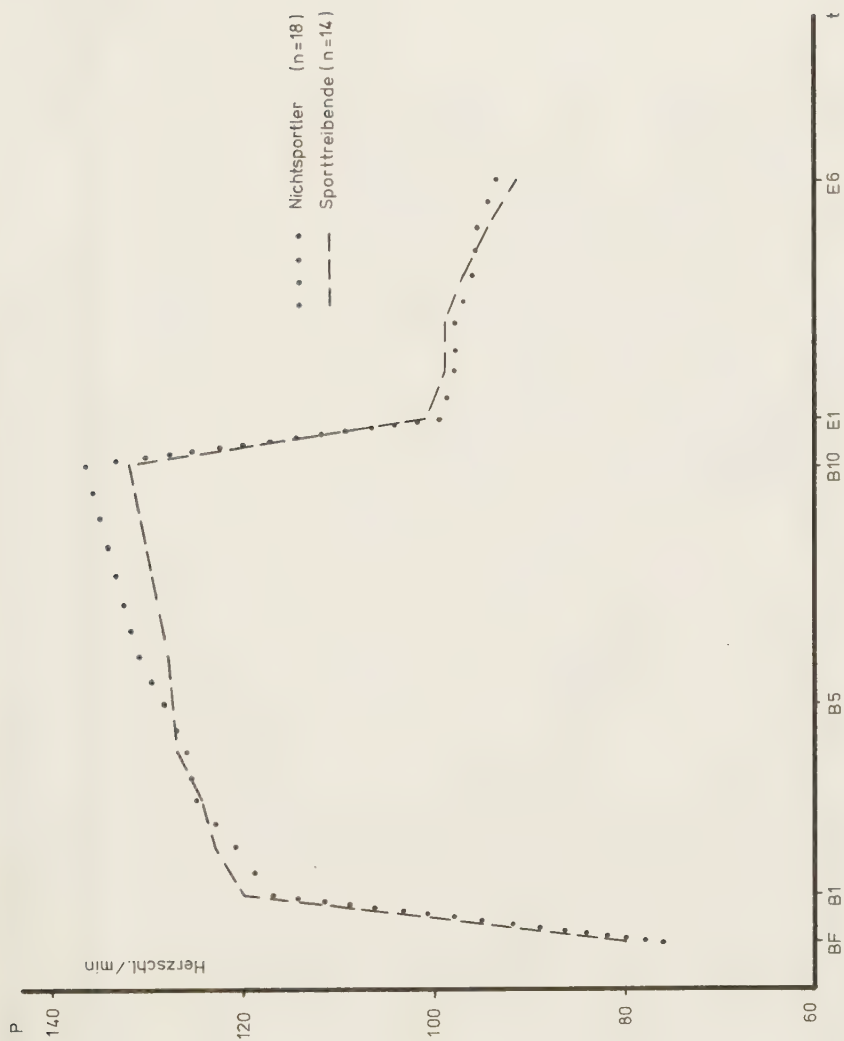


Abb. 13

Vergleich des Pulsverhaltens von gelegentlich Sporttreibenden und von Nichtsportlern



Abb. 14

Vergleich des Pulsverhaltens bei 20-29 jährigen Männern (n=9) : a) — — — Ruhe während V
b) 25 Watt während V

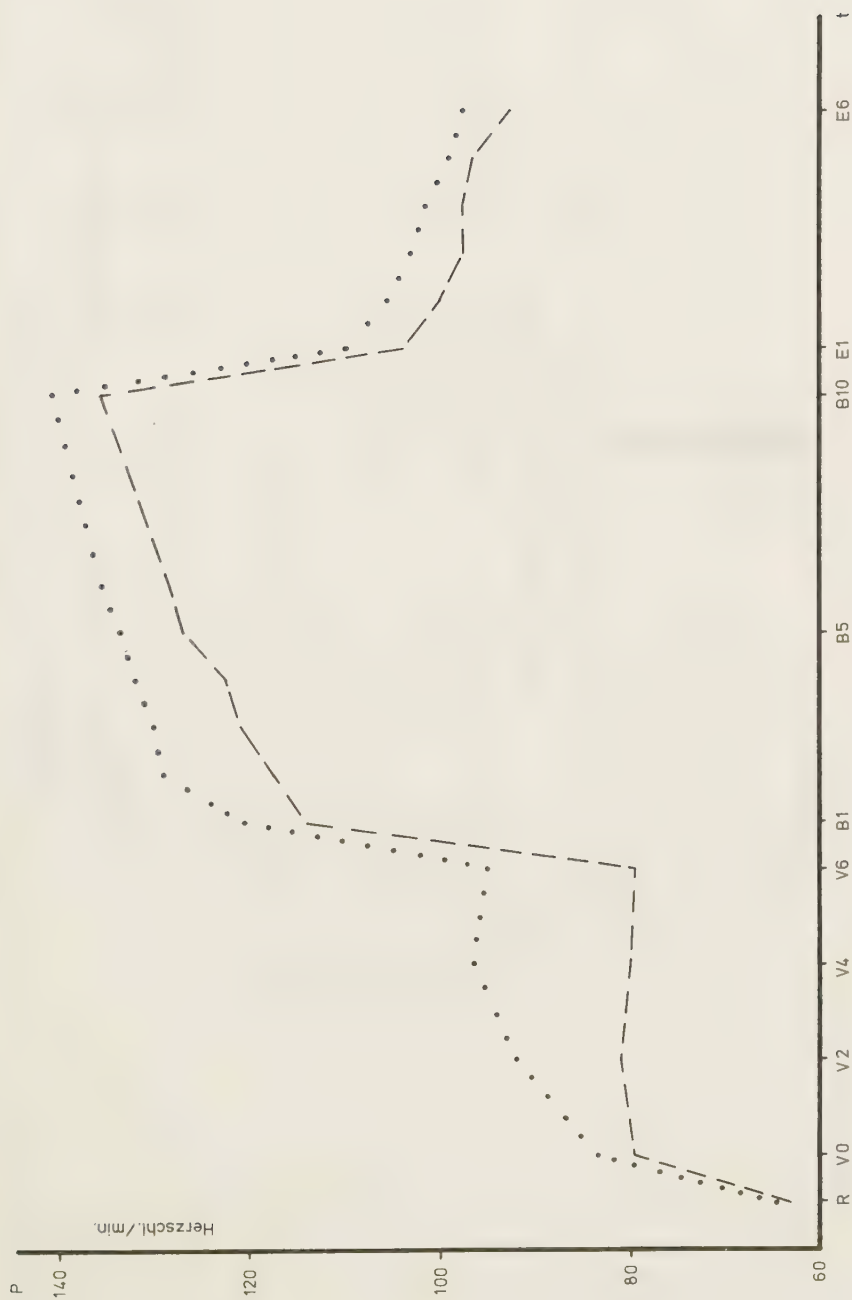


Abb. 15

Vergleich des Pulsverhaltens bei 30-50 jährigen Männern (n=11) a) — — — Ruhe während V b) . . . • 25 Watt während V

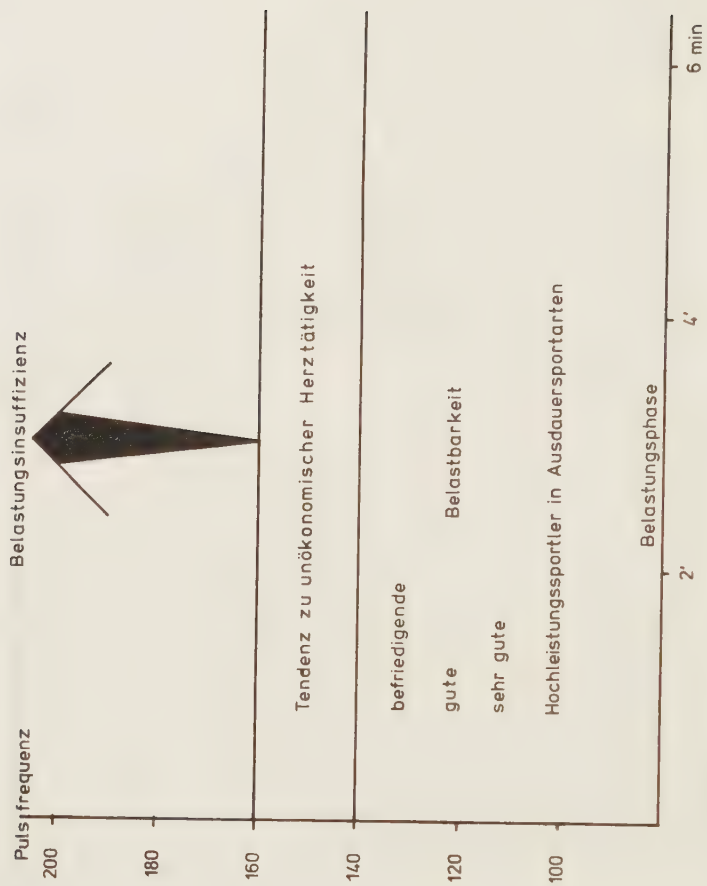


Abb. 16

Interpretation der Pulsfrequenz während des 100-Watt-Belastungstests

(nach STRUCK)

Legenden

Abbildungen 1 - 8 und 12 - 15:

Vergleiche des Pulsverhaltens einzelner Gruppen vor, während und nach einer 10minütigen Belastung mit 100 Watt

Abszisse: t = Zeit (R: Ruhefrequenz im Liegen;
V: Vorphase;
B: Belastungsphase;
E: Erholungsphase;
BF: Basisfrequenz).

Ordinate: P = Pulsfrequenz = Herzfrequenz/min

Abbildungen 9 - 11:

Vergleiche des Herzfrequenzanstiegs oder -abfalls bei einzelnen Gruppen während verschiedener Versuchsphasen

Abszisse: Alter

Ordinate: Herzfrequenz/min

(BF: Basisfrequenz;
B1: erste Minute der Belastung;
B10: zehnte Minute der Belastung;
E1: erste Minute der Erholung;
AS: Alterssportler)

Literatur

1. BEHNKE, H. , TIETZ, H. :
Fischer Lexikon Mathematik II.
Frankfurt (Fischer) 1966.
2. BLOHMKE, M.:
Belastungstests des Kreislaufs in Epidemiologie
und Präventivmedizin.
Heidelberg (Hüthig) 1969.
3. BOROS, B.:
Schlagfrequenz und Herzgewicht.
Diss. Göttingen 1947; Z. Inn. Med. 3, 343 (1948).
4. BROUHA, L. :
Effect of work on the heart.
In: F.F. Rosenbaum, E.L. Belknap, P.B. Hoeber:
Work and the heart.
New York (Harper Broth.) 1959, S. 101.
5. BURKHART, K., KIRCHHOFF, H.W.:
Ein Leistungsindex bei konstanter Arbeitsleistung.
Z. Kreisl. Forsch. 54, 783 (1965).
6. DIETLEIN, H.:
Über das Sporthertz.
Münch. med. Wschr. 93, 2137 (1951).
7. DILL, D.B.:
Regulation of the heart rate.
In: F.F. Rosenbaum, E.L. Belknap, P.B. Hoeber:
Work and the heart.
New York (Harper Broth.) 1959, S. 54.
8. DRANSFELD, B., MELLEROWICZ, H.:
Untersuchungen über das Verhalten der Herzschlag-
frequenz während und nach körperlicher Leistung.
Int. Z. angew. Phys. 16, 464 (1957).

9. GOLLWITZER-MEIER, K.:
Pathologische Physiologie der Herzinsuffizienz.
Verh. Dtsch. Ges. Kreisf. Forsch. 16, 3 (1950).
10. HARRIS, E.A.:
The measurement of exercise tolerance.
Diss. Edinburgh 1957.
11. HAUCH, H.J., STEPHAN, T., NITSCHKE, M.:
Die Wirkung dosierten Trainings auf das ventilatorische und zirkulatorische System.
Arch. Kreisf. Forsch. 52, 128 (1966).
12. HEIM, L.:
Das EKG des Langstreckenläufers.
Schweiz. Z. Sportmed. 6, 1 (1958).
13. HERTLE, F.H., ABEL, H., HEIDL, H.:
Die Abhängigkeit der Arbeitsfrequenz und Frequenzsteigerung bei einer submaximalen Ergometerbelastung von Alter und Gewicht.
Int. Z. angew. Phy. 24, 320 (1967).
14. HOLLMANN, W.:
Höchst- und Dauerleistungsfähigkeit des Sportlers.
München (Barth) 1963.
15. HOLLMANN, W., VENRATH, H.:
Funktionsbeeinflussung im Alter durch Sport und Belastbarkeit des älteren Menschen.
In: W. Ries: Sport und Körperkultur des älteren Menschen.
Leipzig (Barth) 1966, S. 49.
16. HOLLMANN, W.:
Der Arbeits- und Trainingseinfluß auf Atmung und Kreislauf.
Darmstadt (Steinkopff) 1959.

17. HUETING, J.E., TUYL SCHUITTEMAKER, J.L.:
Some reactions during the transition from rest
to physical work.
Acta physiol. pharmacol. nedrl. 14, 1 (1966).
18. JOKL, E.:
Alter und Leistung.
Berlin - Göttingen - Heidelberg (Springer) 1954.
19. JUNGMAHN, H., KNOOP, G. :
Über die Gewöhnung an Ergometer-Untersuchungen.
Sportarzt Sportmed. 17, 287 (1966).
20. KARRASCH, K., MÜLLER, E.A. :
Das Verhalten der Pulsfrequenz in der Erholungs-
periode nach körperlicher Arbeit.
Arbeitsphysiol. 14, 369 (1951).
21. KIRCHHOFF, H.W.:
Die ergometrische Bestimmung von Pulsfrequenz
und Blutdruck.
Z. ärztl. Fortb. 8 , 557 (1967).
22. KÖNIG, K., REINDELL, H., MUSSHOFF, K., ROSKAMM, H.,
KESSLER, M.:
Das Herzvolumen und die körperliche Leistungs-
fähigkeit bei 20- bis 60jährigen gesunden Männern.
II. Mitteilung.
Arch. Kreisl. forsch. 35, 37 (1961).
23. MAXFIELD, M. E.:
Use of heart rate for evaluating cardiac strain
during training in women.
J. appl. Physiol. 19, 1139 (1964).
24. MELLEROWICZ, H., ROSKAMM, H., HETTINGER, T.,
KLAUS, E.J., KÖNIG, K., MIES, H., REINDELL, H.,
STOBY, E.:

Vorschläge zur Standardisierung der ergometrischen Leistungsmessung. II. Mitteilung.

Z. Kreisl. forsch. 53, 856 (1964).

25. MELLEROWICZ, H.:
Vergleichende Untersuchungen über das Ökonomieprinzip des trainierten Kreislaufs und seine Bedeutung für die präventive und rehabilitative Medizin.
Arch. Kreisl. forsch. 24, 70 (1956).
26. MELLEROWICZ, H.:
Ergometrie.
München - Berlin (Urban & Schwarzenberg) 1962.
27. MÜHLBERG, H. SCHLEUSING, G., HEMPEL, F.:
Spiroergometrische Befunde und Blutdruckverhalten bei Hypertonikern.
In: W. Ries: Sport und Körperkultur des älteren Menschen.
Leipzig (Barth) 1966, S. 141.
28. MÜLLER, E.A.:
Ein Leistungspulsindex als Maß der Leistungsstärke. Arbeitsphysiol. 14, 271 (1950).
29. NÖCKER, J.:
Die biologischen Grundlagen der Leistungssteigerung durch Training.
Schorndorf (Hofmann) 1966.
30. NÖCKER, J., BÖHLAU, V.:
Abhängigkeit der Leistungsfähigkeit von Alter und Geschlecht.
Münch. med. Wschr. 46, 1517 (1955).

31. NEUMANN, H. BURG, H.:
Lungen- und Kreislauffunktion.
Berlin - New York (de Gruyter) 1971.
32. PROKOP, L., SLAPAK, L.:
Sport und Kreislauf.
Wien - Bonn - Berlin (Maudrich) 1958.
33. REIN, H. :
Einführung in die Physiologie des Menschen.
Berlin - Göttingen - Heidelberg (Springer) 1960.
34. REINDELL, H.:
Über den Kreislauf des Trainierten.
Arch. Kreisl. forsch. 12, 256 (1943)
35. REINDELL, H., SCHILDGE, E., KIRCHHOFF, H.W.:
Kreislaufregulation. Eine physiologische, patho-
physiologische und klinische Studie.
Stuttgart (Thieme) 1955.
36. ROSKAMM, H. REINDELL, H., KEUL, J.
Über Veränderungen von Herzgröße und Leistungs-
fähigkeit bei unterschiedlicher Trainingsbelastung.
Sportarzt Sportmed. 12, 240 (1961).
37. SACHS, L.:
Statistische Auswertungsmethoden.
Berlin - Heidelberg - New York (Springer) 1969.
38. SCHMIDT, J.:
Herz- und Kreislaufbehandlung des alten Menschen
durch Sport.
internist. prax. 10, 111 (1970).
39. SHEPHARD, R. J.:
On the timing of post-exercise pulse readings.
J. Sport Med. 6, 23 (1966).

40. STRUCK, E.A.:
100 - Watt - Test. Eine Methode zur Beurteilung
der Belastbarkeit des Herzkreislaufsystems in
der Praxis.
Wehrmed. 9, 2 (1971).
41. THOMAE, K. GmbH chemisch-pharmazeutische Fabrik:
Lungenfunktionsprüfungen.
Biberach (Selbstverlag), (1966).
42. TRUETT, J.T., BENSON, H., BALKE, B.:
On the practicability of submaximal exercise
testing.
J. chron. Dis. 19, 711 (1966)

Lebenslauf

geb. 11.7.1945 in Mähr.-Rothwasser

Eltern: Dr. Otto Vogel, Facharzt für Hals-
Nasen-Ohrenkrankheiten
Elisabeth Vogel, geb. Volkmann

Bildungsweg: Volksschule 1951 - 1955 in Bad Windsheim
Oberrealschule 1955 - 1965 in Bad Windsheim
Abitur 1965
Beginn des Medizinstudiums: 1965
Vorphysikum 1966
Physikum 1968
Medizinisches Staatsexamen 1972
ab April 1972 Medizinalassistent im
Zwecksverbandskrankenhaus Neumarkt/Opf.

Erlangen, den 4. Juli 1972

Kurt Vogel

Offsetdruck-Fotodruck

J. Hegl, 8520 Erlangen Hauptstr. 109, (Nähe Martin-Luther-Platz) Tel. 22990
